

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année Scolaire 1922-1923 — N° 124

RECHERCHES
sur
la Radioactivité des Sources de l'Echaillon.

CONTRIBUTION à l'ÉTUDE
de l'ÉMANATION du THORIUM
Actions biologiques et thérapeutiques

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la **FACULTÉ DE MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON**

et soutenue publiquement le 2 Juillet 1923

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

André CHEVALLIER

Moniteur de Physique biologique à la Faculté de Médecine

Chargé du Service de Physique

à la Clinique du Professeur Roque, à l'Hôtel-Dieu

né à SAINT-PAUL-D'EYJEAUX (Haute-Vienne) le 24 Novembre 1896



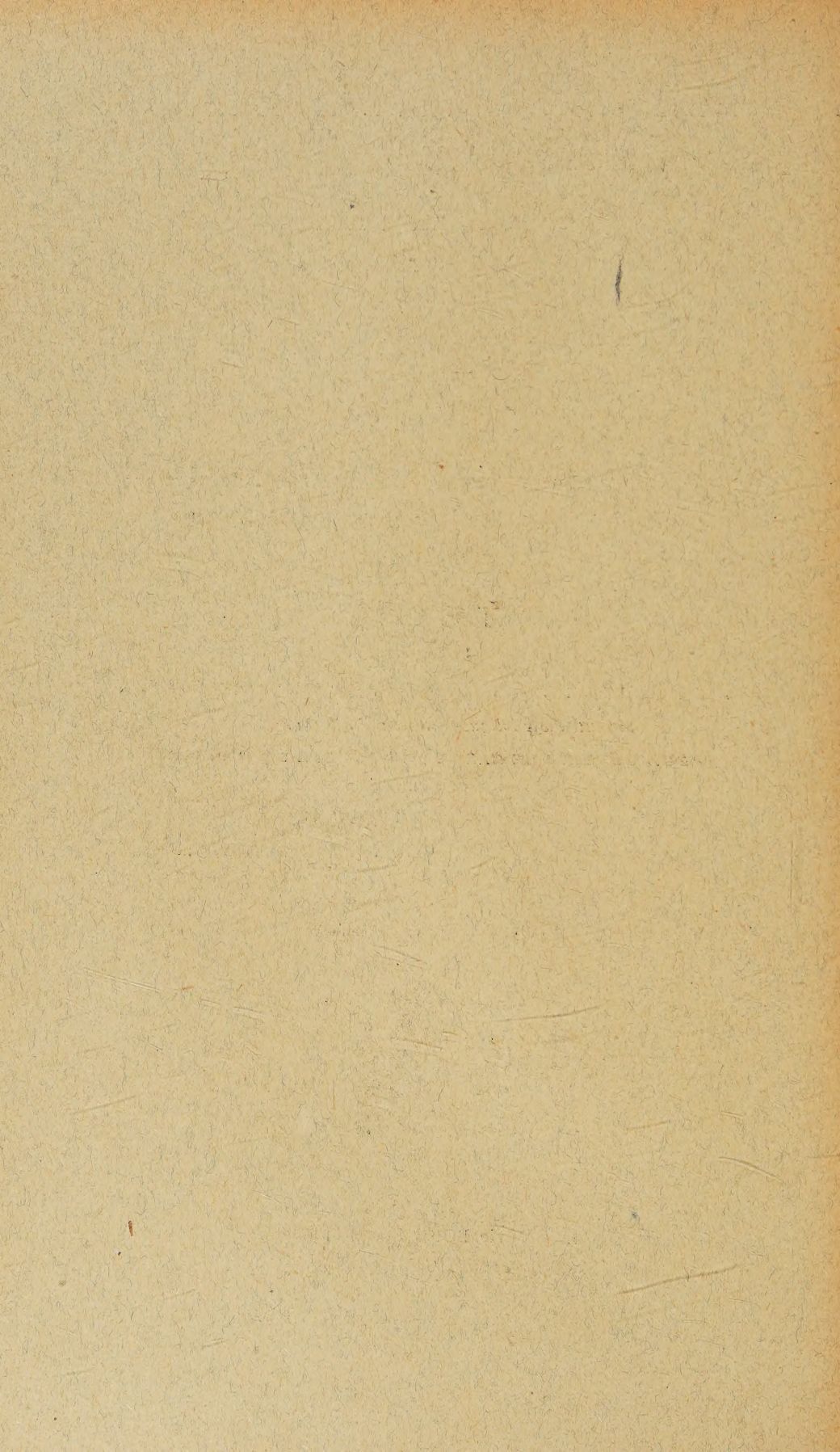
LYON

Imprimerie BOSC Frères & RIOU

45, Quai Gailleton, 45

Téléphone 63-56

1923



RECHERCHES
SUR LA RADIOACTIVITE DE L'ECHAILLON
CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE L'EMANATION DU THORIUM

Du même Auteur

Recherches expérimentales sur les leucocytes irradiés.
(*Société de Biologie*, 20 décembre 1919).

Action du radium sur l'oxyhémoglobine et sur les hématies.
avec MM. Cluzet et Kofman. *Société de Biologie*, 6 mars
1920.)

Les chlorures et l'urée du sérum sanguin dans leurs rap-
ports avec le point cryoscopique. (Avec MM. J. Chalier
et Boulud. *Société de Biologie*, 23 mai 1921.)

La répartition des substances salines et des éléments miné-
raux dans le lait. (Avec M. Porcher. *C. R. Acad. des
Sciences*, 20 juin 1921.)

La concentration moléculaire du sérum sanguin dans ses
rapports avec le taux de l'urée et des chlorures. (Avec
MM. J. Chalier et Boulud. *Lyon Médical*, 10 novembre
1921.)

De la signification de la viscosité du sérum sanguin. (Avec
MM. J. Chalier et Boulud. *Lyon Médical*, 10 novembre
1921.)

Recherches sur la viscosité du sérum sanguin. (Avec MM. J.
Chalier et Boulud. *Journal de Médecine de Lyon*, 20 avril
1922.)

Action de l'émanation du Thorium en inhalation sur les élé-
ments figurés du sang. (Avec M. Cluzet. *Société de Bio-
logie*, 20 février 1922.)

Sur la toxicité de l'émanation du Thorium en inhalation prolongée. (Avec M. Cluzet. *Société de Biologie*, 20 mars 1922.)

Sur la coexistence chez une ostéomalacique sénile de la transparence des os aux rayons X et de l'opacité des calculs biliaires. (Avec MM. Cluzet et Bonnamour. *Lyon Médical*, 1^{er} novembre 1922.)

Sur la radioactivité de la station de l'Echaillon, en Maurienne. (Avec M. Cluzet. C. R. *Acad. des Sciences*, 4 décembre 1922.)

Sur l'emploi de l'émanation du Thorium en inhalation. (Avec M. Cluzet. C. R. *Acad. des Sciences*, 8 janvier 1923.)

Les inhalations d'émanation du Thorium. (Avec M. Cluzet. *Paris Médical*, 3 février 1923.)

Recherches sur l'action bactéricide de l'émanation du Thorium. (Avec MM. Cluzet et Rochaix. *Société de Biologie*, 19 février 1923.)

Sur l'épilation accidentelle produite par le rayonnement secondaire des rayons X. (Avec M. Cluzet. *Lyon Médical*, 10 mai 1923.)

La répartition des matières salines dans le lait. — Leurs relations physiques et chimiques avec les autres principes du lait. (Avec M. Porcher. *Le Lait*, février, mars et avril 1923.)

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON.

Année Scolaire 1922-1923 — N° 124

RECHERCHES
sur
la Radioactivité des Sources de l'Echaillon.

CONTRIBUTION à l'ÉTUDE
de l'ÉMANATION du THORIUM
Actions biologiques et thérapeutiques

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la **FACULTÉ DE MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON**

et soutenue publiquement le 2 Juillet 1923

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

André CHEVALLIER

Moniteur de Physique biologique à la Faculté de Médecine

Chargé du Service de Physique

à la Clinique du Professeur Roque, à l'Hôtel-Dieu

né à SAINT-PAUL-D'EYJEAUX (Haute-Vienne) le 24 Novembre 1896



LYON

Imprimerie BOSC Frères & RIOU

45, Quai Gailleton, 45

Téléphone 63-56

—
1923

PERSONNEL DE LA FACULTE

Doyen honoraire
 Doyen
 Assesseur

M. HUGOUNENQ
 MM. J. LEPINE.
 ROQUE.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, CAZENEUVE, BEAUVISAGE, LACASSAGNE, TESTUT,
 A. FLORENCE

PROFESSEURS

Cliniques médicales Cliniques chirurgicales Clinique obstétricale et Accouchements Clinique ophtalmologique Clinique des maladies cutanées et syphilitiques Clinique neurologique et psychiatrique Clinique des maladies des enfants Clinique des maladies des femmes Clinique d'oto-rhino-laryngologie Clinique des maladies des voies urinaires Clinique chirurgicale, infantile et orthopédie Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie Chimie biologique et médicale Chimie organique et Toxicologie Matière médicale et Botanique Parasitologie et Histoire naturelle médicale Anatomie Histologie Physiologie Pathologie interne Pathologie et Thérapeutiques générales Anatomie pathologique Chirurgie opératoire Médecine expérimentale et comparée et bactériologie Médecine légale Hygiène Thérapeutique Pharmacologie	MM. TESSIER ROQUE BARD TIXIER BERARD COMMANDEUR. ROLLET NICOLAS LEPINE (J.) WEILL POLOSSON (A.) LANNOIS ROCHET N-JOSSERAND CLUZET HUGOUNENQ MOREL BRETIN GUIART LATARJET POLICARD DOYON COLLET MOURIQUAND PAVIOT VILLARD ARLOING (F.) Etienne MARTIN COURMONT (P.) PIC MOREAU
---	---

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un cours de Pathologie externe..... — — Propédeutique de gynécologie..... — — Chimie minérale — — Urologie	VALLAS. CONDAMIN, BARRAL GAYET.
--	--

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Anatomie topographique Embryologie Orthopédie Puériculture et hygiène de la première enfance..... Stomatologie.	PATEL GRÉVIER, LAROYENNE. CHATIN. TELLIER
---	---

AGRÉGÉS

MM. NOGIER LERICHE THEVENOT (Léon) TAVERNIER CADE GARIN	MM. SAVY FROMENT THEVENOT (L.) PIÉRY COTTE DUROUX	MM. TRILLAT SARVONAT FLORENCE (G.) ROCHAIX CORDIER	MM. ROUBIER FAVRE BONNET NOEL, chargé des fonctions
---	---	---	--

M. BAYLE, secrétaire

EXAMINATEURS DE LA THESE

M. CLUZET, *président*, M. ROQUE, *assesseur*
 MM. NOGIER et SARVONAT, *agregés*.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PÈRE

En témoignage de mon affection et
de ma reconnaissance,

AUX MIENS

A MON MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE
MONSIEUR LE PROFESSEUR CLUZET
Chevalier de la Légion d'Honneur

Il m'accueillit, il y a quatre ans, dans son laboratoire et m'a constamment prodigué les témoignages de sa bienveillance. Ce travail est son œuvre, autant que la mienne. Je le prie de croire à ma très grande reconnaissance

A MON MAITRE
MONSIEUR LE PROFESSEUR ROQUE
Officier de la Légion d'Honneur

Qui m'a fait l'honneur de m'accepter comme collaborateur dans sa clinique. Je suis heureux de pouvoir me dire son élève et je le prie d'agréer l'expression de ma respectueuse affection.

A MES MAÎTRES
DU LABORATOIRE DE PHYSIQUE

MONSIEUR LE DOCTEUR NOGIER

*Professeur Agrégé
Chevalier de la Légion d'Honneur*

Il m'a toujours montré
la plus grande sympathie
et a bien voulu s'intéres-
ser à mes travaux. Je lui
exprime ma plus vive
gratitude.

MONSIEUR LE DOCTEUR CHANOS

Chef des Travaux

Depuis quatre ans, je
collabore avec joie aux
travaux pratiques de
physique sous sa direc-
tion ; il est pour moi un
guide et un maître pré-
cieux.

RECHERCHES
SUR LA RADIOACTIVITE DE L'ECHAILLON
CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE L'EMANATION DU THORIUM

INTRODUCTION

Ce n'est pas la monographie d'une station thermale, ce n'est pas non plus un recueil d'observations de malades traités par un agent thérapeutique nouveau que nous avons voulu entreprendre dans ce travail. C'est plutôt le développement d'une transition, la mise en évidence d'un des liens qui unissent l'hydrologie physique et la clinique.

Avec notre Maître, M. le Professeur Cluzet, nous avons étudié la radioactivité d'une source : l'Echaillon, et cette étude nous a mis en présence d'une émanation, qui, au contraire de celle du radium, n'était pas encore, à proprement parler, entrée dans le domaine biologique.

La production de l'émanation du thorium par les sédiments des eaux de l'Echaillon nous a permis de rechercher l'action physiologique de ce gaz. Cette action s'est révélée pleine d'intérêt : la réaction vive

des organes hématopoiétiques, l'excitation des sécrétions internes, l'augmentation des échanges puriques dans l'organisme, peuvent s'obtenir en administrant des doses convenables d'émanation.

Nous avons alors cherché à appliquer cet agent dans le domaine thérapeutique. Mais là, la variété des cas cliniques, la rareté aussi de ces cas, nous empêchent de formuler des conclusions définitives. Nous nous contentons de signaler les résultats que nous avons obtenus chez les malades de la clinique de notre Maître, M. le Professeur Roque.

L'appréciation précise d'un médicament ne peut se faire qu'après une longue expérience. Elle demande de nombreux sujets et aussi de nombreux expérimentateurs. Nous espérons que d'autres voudront essayer le traitement par les inhalations d'émanation du thorium : il se révèle comme particulièrement actif.

Il nous reste, maintenant, l'agréable devoir de remercier tous ceux qui ont bien voulu nous aider dans notre œuvre de leurs conseils et de leurs travaux :

Nos Maîtres, M. le Professeur Cluzet et M. le Professeur Roque que nous unissons dans un même sentiment de reconnaissance,

M. le Docteur Nogier, Professeur agrégé, qui nous a facilité la graduation de l'électroscope et donné des indications précieuses,

M. le Docteur Rochaix, Professeur agrégé, qui a bien voulu se charger de la partie bactériologique,

M. le Docteur Crémieu, chef de Laboratoire, qui a fait de si nombreux examens de sang aux malades traités par l'émanation,

M. le Docteur Boulud, chef de Laboratoire, qui a bien voulu se charger des dosages d'urée et d'acide urique dans le sang, des analyses complètes des urines,

M. le Docteur Gravier, chef des travaux d'histologie ; M. le Docteur Dechaune, moniteur de clinique, auxquels nous devons la coupe des organes de cobayes soumis à l'émanation et leur interprétation.

Historique.

Après avoir connu une période de renommée considérable, au temps des anciens Ducs de Savoie, au xvr^e et xviii^e siècles, les sources de l'Echaillon tombèrent dans l'oubli.

Au pied de l'escalier « *scalio* » de la voie romaine qui longeait la vallée de l'Arc, de vieilles chartes (1321) signalent l'existence de thermes. Il est vraisemblable que ces bains furent contemporains de la voie romaine, bien qu'aucun document ne le mentionne.

Des relations des médecins de la Cour de Sardaigne montrent qu'au xvr^e siècle, l'Echaillon était une station extrêmement florissante et favorite des ducs de Savoie. Le médecin de Charles Emmanuel III, Fantoni, a publié vers 1700 une curieuse analyse des eaux de l'Echaillon et il relate ainsi leurs propriétés : « Elles excitent l'appétit, rendent de la couleur au visage, fortifient, activent la circulation du sang et des humeurs, débarrassent les glandes et les intestins ».

Plus tard Giobert, Professeur de Médecine à l'Université de Turin, publia une étude sur l'Echaillon et de nombreux cas de guérison de goîtres par les eaux.

Mais bientôt, les ravages faits par les torrents, probablement aussi un tremblement de terre, détruisirent en grande partie les thermes.

Les finances de la ville de Saint-Jean-de-Maurienne étaient alors peu brillantes ; d'autre part, un procès, qui dure encore, avec une commune voisine au sujet de la propriété des terrains avoisinant les sources, ne permirent jamais une restauration de la station.

De timides tentatives furent faites, il y a quelques années et ce sont elles qui permirent à M. Blanc, docteur ès-sciences de l'Université de Rome, de recueillir quelques sédiments déposés par les sources et d'y découvrir un corps radio-actif nouveau : le radio-thorium. Depuis, le silence se fit de nouveau sur l'Echaillon.

Les sources de l'Echaillon.

Les sources de l'Echaillon sont situées sur la rive droite de l'Arc, dans la Maurienne. Elles jaillissent au point de contact des alluvions du torrent avec le plan rocheux qui forme le massif géologique de l'Echaillon. La structure de ce massif est fort complexe; elle a été étudiée par le Professeur Kilian et M. Révil.

En remontant l'Arc, on trouve successivement un granite gneissique, une bande d'arkose à éléments granitiques, une mince bande de calcaire capucin affectant une disposition en chapelet au milieu des schistes cristallins; puis, de nouveau, du granite gneissique et enfin, insensiblement, on arrive à une roche schisteuse verdâtre, qui n'est autre que du granit laminé. C'est des fentes de la roche granitique que sourdent les eaux de l'Echaillon.

Actuellement, les sources sont captées dans trois ouvrages d'importance très inégale. Dans la première catégorie de terrain, tout près du lit de l'Arc, et au pied d'une diaclase bien visible sur la roche en place, on trouve deux bassins en maçonnerie : le bassin

Chaud et le bassin Fodéré. Puis, en remontant la rivière, dans la seconde bande de gneiss granitique, un troisième bassin, plus petit et constitué de dalles d'une épaisseur considérable ; c'est le bassin des Ducs de Savoie. Ces trois bassins correspondent à des sources différentes de débit et de thermalité.

D'après d'anciens documents, il semble qu'autrefois le bassin des Ducs de Savoie était le plus important. Aujourd'hui, il n'en est plus de même. Les deux sources qu'il renferme ont un débit très faible. L'eau qu'elles donnent est du type chloruré sodique, à une température d'environ 30°. A la surface, on constate des émissions gazeuses discontinues et peu considérables. Les parois de ce bassin sont recouvertes d'une mince couche de sédiments qui, à l'examen, ne nous ont montré aucune radio-activité.

Le bassin Fodéré est plus intéressant. Il renferme une source de débit assez important et dont l'eau montre une température oscillant de 28° à 30° C. Malheureusement, les crues de l'Arc ayant amené dans ce bassin, avec des infiltrations, une grande quantité de matériaux alluvionnaires, il ne nous a pas encore été possible d'isoler convenablement cette source et d'étudier à l'état de pureté l'eau et les matériaux solides qu'elle laisse déposer.

De beaucoup le plus important est le bassin Chaud. C'est lui qui a fait l'objet de nos études. Ce bassin est constitué par une chambre souterraine d'une capacité de deux cents mètres cubes environ, un canal de décharge la relie avec le torrent. La base de cette chambre est percée d'un certain nombre d'orifices de di-

mensions très diverses qui laissent échapper, dans un bouillonnement continu, à la fois de l'eau, des gaz non dissous dans l'eau et des matériaux solides en suspension dans l'eau.

De nombreuses observations montrent que la température de cette eau se maintient constante à 39° C., depuis plusieurs années. La quantité émise par 24 heures est considérable ; elle dépasse 600.000 litres. Quant à sa nature, une analyse de l'Ecole des Mines, en 1881, la définit ainsi :

Acide carbonique libre	0 gr.0881
Acide carbonique des bicarbonates	0 gr. 4272
Bicarbonate de calcium	0 gr. 6379
Bicarbonate de magnésium	0 gr. 0460
Bicarbonate ferreux	0 gr. 0106
Chlorure de sodium	3 gr. 6071
Chlorure de potassium	0 gr. 0275
Sulfate de calcium	0 gr. 8447
Sulfate de magnésium	0 gr. 3351
Sulfate de sodium	0 gr. 2206
Silice	0 gr. 0425
Matières organiques	traces

Par litre	5 gr. 7720
Poids du résidu fixe	5 gr. 5600

C'est donc une eau chlorurée sodique, légèrement calcique.

Les gaz continuellement émis par les griffons sont d'un débit difficile à évaluer, car la quantité dans un temps donné varie dans de grandes proportions. Leur teneur en acide carbonique est très faible, ils ne troublent que très faiblement l'eau de chaux. Une analyse chimique complète et la recherche des gaz rares restent à faire.

Les sédiments se déposent dans le bassin, soit au fond, soit sur les parois. Ils se montrent très chargés en sels de fer et contiennent aussi de la silice et de la chaux. Leur abondance n'a pas pu encore être déterminée d'une façon précise, à cause de la difficulté de la décantation d'une quantité d'eau aussi considérable.

Nous nous sommes appliqué à mesurer la radio-activité de ces différents produits : eaux, gaz et sédiments.

Méthode de mesures.

La méthode électroscopique est basée sur la propriété que possèdent les substances radio-actives d'ioniser les gaz soumis à leur rayonnement. Si les ions, ainsi dissociés, se trouvent dans un champ électrique, ils s'orientent et se précipitent sur les électrodes plongées dans le gaz et dont la différence de potentiel crée précisément le champ électrique considéré. On a, de cette façon, un courant qui, tant que le champ électrique n'est pas intense, est proportionnel à la différence de potentiel des électrodes. A ce moment, le gaz se comporte comme un conducteur métallique et obéit à la loi d'Ohm. Mais si l'on augmente la différence de potentiel, le courant créé par l'ionisation ne croît pas proportionnellement et il arrive, plus ou moins rapidement, à une valeur limite. Cette valeur limite est alors indépendante de la différence de potentiel des électrodes ; elle prend le nom de *courant de saturation*.

C'est ce courant qu'il importe de mesurer, car il est facteur du pouvoir ionisant du corps radioactif dont on veut évaluer l'activité.

Cette mesure peut s'effectuer au moyen d'un électroscope.

Un tel instrument est constitué par une lame métallique fixe et verticale, au sommet de laquelle est attachée une feuille légère et mobile d'or ou d'aluminium. Cette lame communique avec une tige isolée électriquement du reste de l'appareil et qui plonge dans une chambre métallique contenant l'air destiné à être ionisé par la substance radioactive. Cette chambre s'appelle : la chambre d'ionisation.

Au moyen d'une batterie ou encore d'un bâton d'ébonite, on charge la lame à un potentiel de plusieurs centaines de volts ; une telle différence de potentiel étant nécessaire pour obtenir le courant de saturation. A ce moment, la feuille mobile s'écarte de la lame d'un certain angle et il existe un champ électrique dans la chambre d'ionisation entre la tige plongeante et les parois de l'appareil ou les pièces métalliques (plateau) en communication avec les parois. Si l'air de la chambre d'ionisation est rendu conducteur par la présence d'une substance radioactive, solide ou gazeuse, l'électroscope se décharge progressivement et la feuille mobile se rapproche de la lame fixe. La chute de la feuille est observée au moyen d'un microscope muni d'un oculaire micrométrique : la vitesse du mouvement permet de mesurer l'intensité du courant de décharge en valeur relative.

Cependant, il est nécessaire de pouvoir transformer cette valeur relative en valeur absolue, en unités connues d'électricité. Pour cela, on gradue l'échelle micrométrique en volts pour une position donnée de

la feuille. Étant donné une charge électrique constante, la capacité du système restant invariable, la feuille de l'électroscope s'écartera toujours du même angle, et dans cet angle ou dans les angles très voisins, le passage de la feuille d'une graduation à la graduation immédiatement suivante indiquera toujours une même différence de potentiel. De cette façon, il est facile de mesurer la chute en volts dans un temps donné. L'intensité du courant, en unités électrostatiques, est alors déduite de la formule :

$$i = \frac{C V}{t}$$

C = capacité de l'appareil en unités électrostatiques ;

V = chute de potentiel exprimée en unités électrostatiques ;

t = temps en secondes.

Cette intensité en unités électrostatiques peut être, elle-même, transformée en unités pratiques d'électricité, en ampères; il suffit de se rappeler que 1 ampère = 3×10^9 unités électrostatiques d'intensité dans le système C.G.S.

L'intensité ainsi trouvée ne représente pas seulement le courant de saturation correspondant au pouvoir ionisant du corps radioactif, mais encore à la perte spontanée de l'appareil ou *courant de déperdition*. Un électroscope, en effet, quelque soit l'isolement de sa tige, présente une déperdition spontanée, inévitable. Cette déperdition est due à l'ionisation de

l'atmosphère (humidité, radioactivité des roches formant la croûte terrestre) et aux souillures possibles de la chambre d'ionisation (traces de radioactivité induite, par exemple). On calcule l'intensité du courant de déperdition en appliquant la formule indiquée plus haut et on la retranche de la valeur du courant de saturation.

Une autre méthode de mesures à l'électroscope consiste à se servir d'un étalon dont la radioactivité est connue et exprimée en unités Curie. Pour la mesure des substances solides, on rapporte généralement l'activité de la poudre à celle d'un poids égal et d'une surface équivalente d'oxyde noir d'Uranium : $U^3 O_8$. En prenant l'activité de cet oxyde comme égale à l'unité, on exprime la valeur trouvée en fraction décimale. Quelques minéraux radioactifs ont une activité supérieure à celle de l'oxyde d'Urane, mais la plupart ont un pouvoir ionisant inférieur.

Enfin, en ce qui concerne les gaz, on compare la vitesse de la chute de la feuille de l'électroscope muni d'une grande chambre d'ionisation appelée encore cylindre déperditeur et renfermant un volume gazeux donné, à la pression atmosphérique, avec la vitesse de chute de la feuille lorsque le gaz a été remplacé dans le cylindre par une quantité connue d'émanation de radium. Une simple règle de trois permet d'apprécier l'activité du gaz à étudier, en unités Curie (1).

(1) Le curie est la quantité d'émanation en équilibre avec 1 gr. de radium élément - Ra - Ses sous-multiples sont le millicurie, le microcurie et le millicrocurie qui valent respectivement :

$\frac{1 \text{ curie}}{1.000}$	$\frac{1 \text{ curie}}{1.000.000}$	$\frac{1 \text{ curie}}{1.000.000.000}$
---------------------------------	-------------------------------------	---

Mais, là encore, il faut retrancher la perte à vide de l'appareil.

Nous nous sommes servis, pour nos mesures, d'un électroscope du type Cheneveau et Laborde. La capacité de l'appareil muni de la grande chambre d'ionisation pour l'étude des gaz était de quinze unités électrostatiques.

Grâce à la complaisance de M. Nogier, professeur agrégé, qui a bien voulu mettre à notre disposition une batterie d'accumulateurs de 800 volts, nous avons pu graduer l'échelle de notre électroscope en volts. Pour cela, nous avons opéré de la façon suivante :

L'électroscope, muni du cylindre déperditeur, est placé bien horizontalement. La cage est reliée au sol et la tige à la batterie d'accumulateurs. La lunette micrométrique est fixée une fois pour toutes en hauteur et en azimut. Pour une différence de potentiel de 372 volts, la feuille s'écarte de la verticale, d'un angle de 45° . A ce moment, le bord droit de la feuille se superpose avec la division 160 du micromètre. On diminue alors la différence de potentiel et on l'amène à 350 volts. La feuille vient coïncider avec la division 40. Une chute de potentiel de 22 volts correspond donc à un intervalle de 120 divisions, ce qui donne 0 volt, 183 pour une division.

Toutes nos mesures avec ce dispositif ont été faites en amenant la feuille à 45° et en face de la division 160, la lunette étant toujours immobile. Nous sommes en droit d'admettre que chaque fois que nous avons constaté un écart de la feuille d'une division, cet écart

correspondait à une différence de potentiel de 0 volt, 183.

Nous nous sommes servis également d'un barboteur-étalon à bromure de radium, dont M. Nogier a bien voulu contrôler la teneur au moyen d'une installation à quartz piézo-électrique de Curie. Le barboteur contient 0,0446 microgrammes de radium-élément, ce qui donne 44,6 millimicrocuries d'émanation en équilibre. Cette quantité d'émanation envoyée dans notre cylindre détermine une vitesse de chute de la feuille de 4 secondes pour 100 divisions. Cette vitesse s'entend pour l'intensité maximum du courant de saturation, c'est-à-dire trois heures après l'arrivée du gaz dans la chambre. Dans ces conditions, une chute de 1 division par seconde correspond à :

$$\frac{44,6 \times 4}{100} = 1,784 \text{ millicuries}$$

Il existe une relation entre ces deux méthodes de mesure et MM. Duane et Laborde ont donné une formule simple qui, étant donné un condensateur, permet de rapporter à l'unité d'émanation de radium le courant de saturation maximum, mesuré en unités électrostatiques. Cette formule ne s'applique qu'aux condensateurs cylindriques et dont la hauteur est environ le double du diamètre.

Si S est la surface totale du condensateur, exprimée en centimètres carrés, V son volume en centimètres cubes, on a :

$$I_{max} = 13,15 \left(1 - 0,572 \frac{S}{V} \right)$$

Le cylindre dont nous nous sommes servis pour les substances radioactives gazeuses possède une surface de 1.303 cm^2 et un volume de 2.967 cm^3 ; ce qui donne :

$$13.15 \left(1 - 0,572 \frac{1303}{2967} \right) = 10,11 \text{ unités électrostatiques}$$

Cette intensité correspond à celle qui serait produite dans notre appareil par l'unité d'émanation de Duane et Laborde, c'est-à-dire le gramme-seconde de radium-élément. Or, cette quantité correspond à 2,08 microcuries.

Il nous est dès lors facile de rapporter les intensités de courant de saturation mesurées avec notre appareil à des quantités connues d'émanation du radium. Il suffira d'utiliser la relation :

2,08 microcuries = 10,11 unités électrostatiques,
ou encore : 1 microcurie = 4,86 unités électrostatiques,

et 1 unité électrostatique = $\frac{1 \times 1000}{4,86} = 205$ millimicrocuries.

Radioactivité des eaux de l'Echaillon.

Le 30 septembre dernier, nous avons prélevé plusieurs litres d'eau au griffon principal de la Source Chaude. Quatre litres de cette eau ayant été filtrés pour en éliminer les particules solides en suspension, ont été introduits, le 3 octobre, dans une marmite close, puis portés à l'ébullition. Les gaz dissous dans l'eau se sont échappés peu à peu et, après une dessiccation soigneuse par la potasse, puis par l'acide sulfurique, ont été envoyés dans le cylindre déperditeur de l'électroscope — où le vide avait été fait au préalable.

La pression atmosphérique ayant été rétablie dans le cylindre, l'examen de la feuille nous a montré que la vitesse de chute croissait avec le temps, pour passer par un maximum au bout de trois heures. Il s'agissait donc d'émanation du radium et, dans ces conditions, la vitesse de chute de la feuille correspondant au courant de saturation maximum et déduction faite de la perte à vide de l'appareil, a été de 200 secondes pour 100 divisions ; soit 2 secondes pour 1 division. Notre électroscope donnant à l'étalonnage 1,784 millicrocu-

ries d'émanation du radium pour une chute de 1 division par seconde, l'activité mesurée correspondait donc à :

$$\frac{1,782}{2} = 0,892 \text{ millimicrocurie}$$

Mais il nous faut tenir compte : d'une part de la quantité d'eau, quatre litres ; d'autre part, de la destruction de l'émanation depuis le prélèvement de l'eau, soit depuis trois jours.

L'activité rapportée à 1 litre était de :

$$\frac{0,892}{4} = 0,213 \text{ millimicrocurie}$$

et d'après la table de Kolowrat, au bout de trois jours, il ne reste plus que 58 % de l'activité initiale de l'émanation.

L'eau de la source chaude possède donc en émanation de radium une activité de :

$$\frac{0,213 \times 100}{58} = 0,36 \text{ millimicrocurie}$$

par litre à l'émergence.

Radioactivité des gaz.

Nous avons procédé à la mesure de la radioactivité des gaz spontanés soit sur place soit loin de la source.

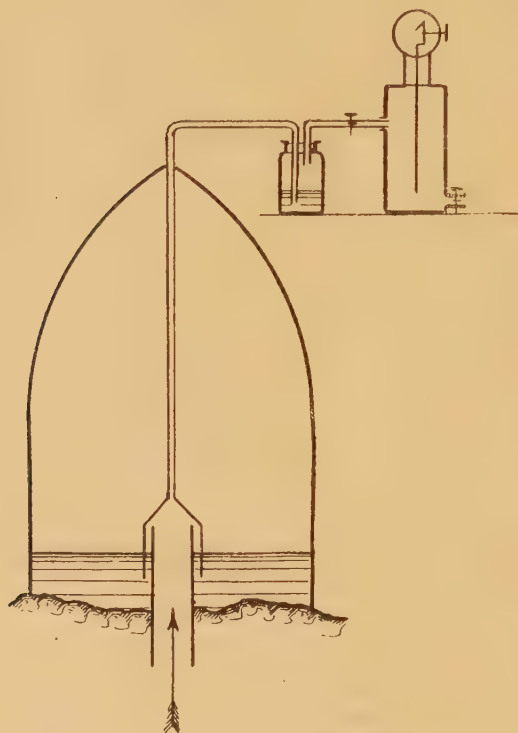
A) *Mesure sur place.* — Le dispositif a été le suivant : une cloche en tôle recouvre le griffon principal de la source Chaude ; elle est reliée par un tube mince, parfaitement étanche et long de 5 m. 50, à un flacon-laveur contenant de l'acide sulfurique. Immédiatement après le flacon, se trouve branché le cylindre déperditeur, surmonté de l'électroscope. Pour un niveau d'eau convenable dans le bassin, on a, à l'extrémité du tube et pas conséquent à travers le cylindre, un courant violent et continu de gaz. C'est un souffle intense que l'on perçoit à la main. Dans ces conditions, grâce à l'étanchéité du tube, les gaz qui pénètrent dans le cylindre sont véritablement les gaz spontanés du griffon et non un mélange de ces gaz avec l'air du bassin.

La perte à vide de l'appareil, non branché au tube d'arrivée des gaz et rempli de l'air extérieur, est très considérable ; elle atteint 60 secondes pour 100 divi-

sions. Soit une chute correspondant avec cet appareil au courant de saturation produit par :

$$\frac{1,784 \times 100}{60} = 2,9 \text{ millimicroruries d'émanation de radium.}$$

Cet énorme courant de déperdition est dû vraisemblablement à l'ionisation de l'atmosphère, d'une part,



Disposition schématique
de la mesure des gaz sur place.

grâce à l'émanation contenue dans l'air et, d'autre part, grâce aux radiations pénétrantes des sédiments déposés dans le bassin.

L'électroscope étant branché au tube d'arrivée des gaz, la chute de la feuille devient beaucoup plus rapide, et elle atteint 15 secondes pour 100 divisions et pour un litre de gaz. Ce qui donne un courant de saturation correspondant à :

$$\frac{1,784 \times 100}{15} = 11,9 \text{ millimicrocuries}$$

Le courant de saturation réel, dû aux gaz, correspond donc à $11,9 - 2,9 = 9$ millimicrocuries.

Si l'on interrompt la communication du cylindre déperditeur avec le tube d'arrivée, on constate que la vitesse de la chute va en croissant pour passer par un maximum au bout de trois heures. Elle est alors de 12 secondes pour 100 divisions, ce qui donne :

$$\frac{1,784 \times 100}{12} = 14,8 - 2,9 = 11,9 \text{ millimicrocuries.}$$

en admettant pour cette détermination que le courant de déperdition est resté constant.

B) *Mesure à distance.* — Les gaz prélevés avec le dispositif précédent ont été emportés et examinés loin de la source, après des temps variant de 24 heures à 4 jours. Toutes les fois, ils se sont montrés doués d'une activité décroissant suivant la loi exponentielle de destruction de l'émanation du radium.

La vitesse de chute de la feuille correspondant au courant de saturation maximum et rapportée à l'activité d'un litre de gaz à l'émergence, nous a donné, suivant les prélèvements, les valeurs de 17 secondes,

16 secondes, 15 secondes pour 100 divisions de l'échelle, déduction faite du courant de déperdition. Nous avons adopté comme valeur moyenne 16 secondes. En utilisant l'étalonnage de l'appareil, cette chute correspond à :

$$\frac{1,784 \times 100}{16} = 11,15 \text{ millimicrocuries}$$

En utilisant la graduation en volts de l'instrument, on a :

16 secondes pour 100 divisions ou 18 volts 3, soit 1,14 volts par seconde.

L'intensité du courant est donc de :

$$\frac{15 \times 1,14}{300} = 0,057 \text{ unité électrostatique}$$

15 = capacité de l'appareil en unités e. s. ;

$$\frac{1}{300} = \text{transformation des volts en unités e. s.}$$

D'après la formule de Duane et Laborde, nous avons établi pour notre appareil la correspondance :

1 unité e. s. = 205 millimicrocuries ;

Donc, 0,057 e. s. = 11,6 millimicrocuries.

Radioactivité des sédiments.

Si les eaux et les gaz de l'Echaillon n'ont pas donné lieu à des recherches antérieures, il n'en est pas de même des sédiments.

A une époque où la série des corps radioactifs était encore limitée à un nombre restreint d'éléments et où la recherche de la radioactivité des sources minérales était à ses débuts, M. Blanc, docteur ès sciences de l'Université de Rome, étudia les sédiments des stations savoyardes et, en particulier, ceux de l'Echaillon. Il compara leur activité à un poids égal de nitrate d'uranium. Voici les chiffres qu'il a publiés pour les sédiments ou les dépôts des sources de la Savoie :

Source	Nature du Dépôt	Chute de potentiel en volts, par heure
Echaillon	sédiment augriffon	936
Salins (grande source)		128
Salins (petite source)		56
Aix-les-Bains (source d'alun)	barégine	19
Aix-les-Bains source du soufre	dépôt	5
Nitrate d'Urane		5752

M. Blanc poursuit l'étude des caractères de la radioactivité des sédiments de l'Echaillon et de ceux de Salins. Il reconnut qu'à côté d'une activité insignifiante, due à la présence du radium, la très grande part de leur radioactivité provenait d'un autre corps capable de donner une émanation en tous points semblable à celle du Thorium. Il parvint même à séparer un corps nouveau, dont l'activité était plusieurs milliers de fois supérieure à celle d'un même poids de Thorium pur.

Au Congrès de Liège, en 1905, alors que M. Blanc rapportait ces résultats, Hahn publiait ceux obtenus par lui au laboratoire de Ramsay, en traitant un échantillon de thorianite de Ceylan, et annonçait l'isolement d'un corps radioactif nouveau. Ce corps possédait les mêmes propriétés que celui trouvé par M. Blanc dans les sédiments de l'Echaillon. Ramsay proposa pour cet élément le nom de radiothorium.

Nous avons examiné un grand nombre d'échantillons des sédiments de l'Echaillon et nos mesures ont mis en évidence les faits suivants, d'ailleurs entièrement d'accord avec les recherches de Blanc :

a) Les sédiments de l'Echaillon présentent une radioactivité qui croît pendant environ 10 minutes après leur introduction dans la chambre d'ionisation ;

b) Ils donnent naissance à une émanation qui présente les caractères de l'émanation du Thorium ;

c) Leur radioactivité est très variable, suivant le point de leur prélèvement dans le bassin de la source.

A) CROISSANCE DE L'ACTIVITÉ

Les sédiments séchés et finement pulvérisés sont introduits dans la petite chambre d'ionisation de l'électroscope. Aussitôt, on fait une lecture pour déterminer la vitesse de chute de la feuille, puis, de minute en minute. On obtient ainsi des vitesses croissantes pendant les 10 premières minutes environ ; on constate ensuite que la chute acquiert une valeur maximum qui demeure fixe. La différence d'intensité entre l'activité initiale et l'activité limite provient du dégagement de l'émanation, qui arrive rapidement à la période d'équilibre : à ce moment, sa destruction compense sa production.

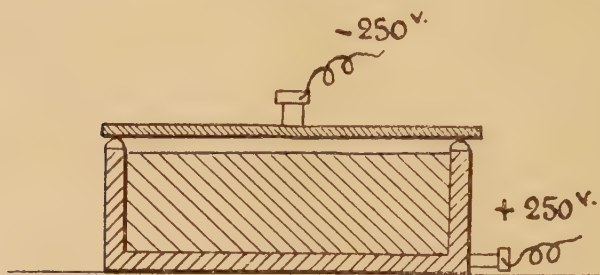
La courbe montre la croissance de l'activité pour un échantillon. Cette croissance est, en effet, variable et elle dépend, d'une part, du degré de dessiccation des sédiments ; d'autre part, de leur pureté. Des traces d'humidité favorisent le dégagement de l'émanation et les matériaux inertes l'arrêtent.

B) CARACTÈRES DE L'ÉMANATION

Pour étudier cette émanation, nous avons renfermé une petite quantité de sédiments dans un tube de Nicloux, branché à la grande chambre d'ionisation de l'électroscope. Après avoir fait le vide dans le cylindre, nous avons ouvert le robinet de communication avec le tube, tout en observant la feuille d'aluminium. Une chute très rapide se produit aussitôt, puis diminue rapidement pour ne présenter qu'une valeur très faible au bout de quelques minutes. Des expériences

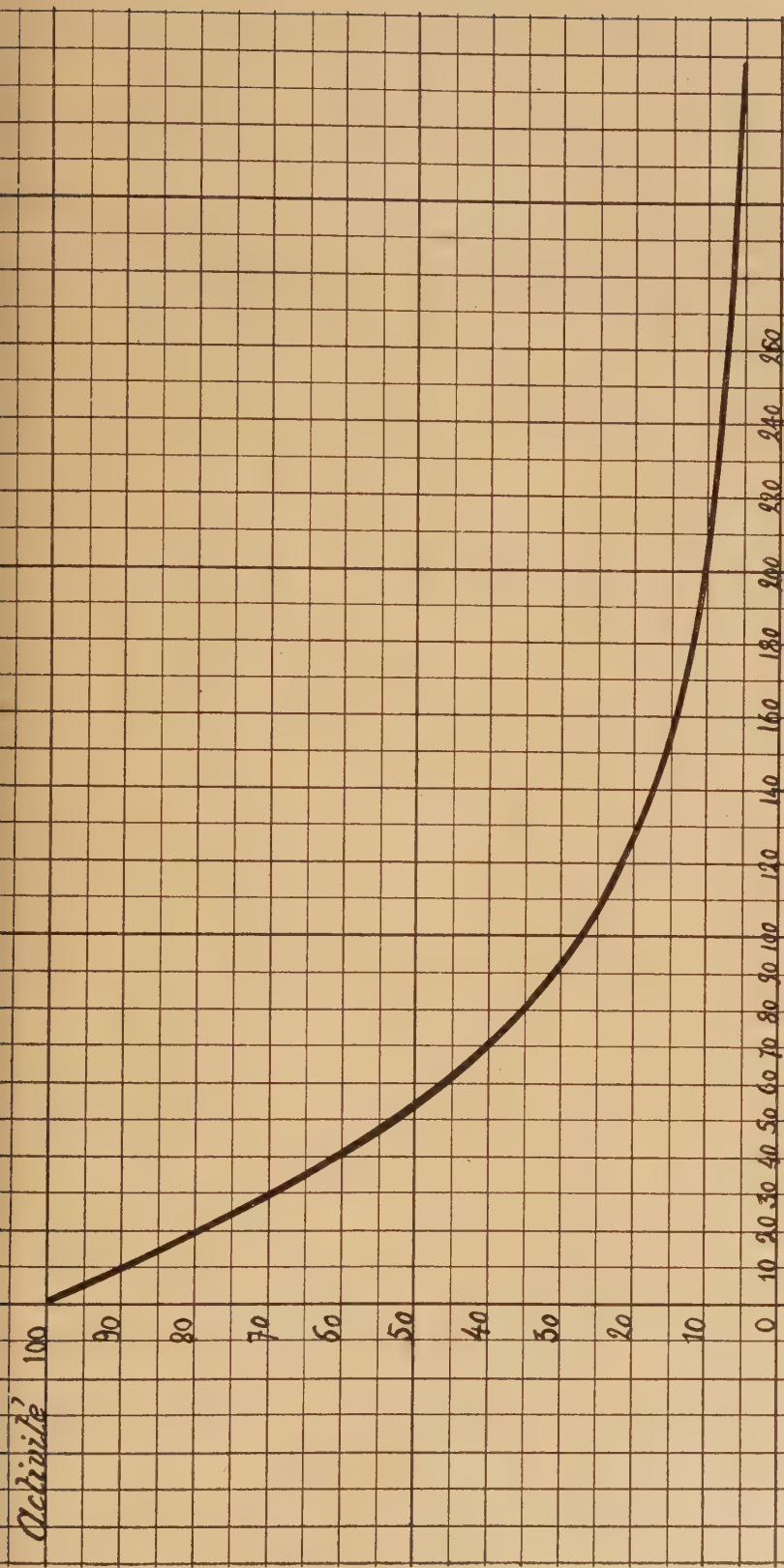
répétées nous ont permis de construire la courbe de désactivation de cette émanation. On pourra constater qu'elle est en tous points semblable à celle de l'émanation du Thorium : sa période de demi-valeur correspond à 54 secondes.

Une autre méthode nous a permis d'identifier la production d'émanation du Thorium par les sédiments de l'Echaillon ; c'est l'étude de la radioactivité



*Appareil pour la mesure
de la radioactivité induite*

induite. Une certaine quantité de sédiments a été placée dans une petite cuve en plomb, recouverte d'un couvercle de cuivre et hermétiquement close. La couche de sédiments laissait un espace d'environ un millimètre entre elle et le couvercle, qui était lui-même isolé électriquement du bord de la cuve. La cuve fut reliée au fil positif d'une canalisation électrique à 250 volts, le couvercle au fil négatif de cette canalisation. Au bout de trois jours, nous avons ouvert la



temps en secondes.

Emanation du Thorium.

cuve et mesuré l'activité du couvercle ainsi recouvert de dépôt actif. Ce dépôt montra une radioactivité diminuant de moitié en onze heures environ. C'est la période de demi-existence caractéristique du dépôt actif du Thorium pour une exposition de cette durée.

C) MESURE DE L'ACTIVITÉ

Pour apprécier l'activité des sédiments, nous nous sommes servis de disques d'un diamètre de six centimètres, recouverts uniformément par un gramme de sédiments secs et pulvérisés. Un disque ainsi préparé est introduit dans la petite chambre d'ionisation et la lecture de chute de la feuille n'est faite que 10 minutes après l'introduction du disque, de façon à obtenir la valeur limite de l'activité. Le terme de comparaison que nous avons utilisé a été l'oxyde d'uranium. U^3O_8 , étendu à la même quantité sur un disque de semblable diamètre, d'après le procédé de Mac Coy. L'activité *alpha* d'une telle pellicule d'oxyde d'urane est prise pour unité.

Les valeurs des échantillons de sédiments se sont montrées extrêmement différentes, suivant leur point de prélèvement dans le bassin. Nous avons trouvé toutes les activités, depuis $\alpha = 0,05$; jusqu'à $\alpha = 0,30$.

Les sédiments renferment de nombreuses substances inertes : chaux, silice et surtout une grosse proportion de sels de fer ; or, il se produit, dans le bassin, une décantation plus ou moins parfaite et la proportion des matériaux inactifs varie.

Mais il semble que les échantillons les plus actifs se rencontrent sur les parois du bassin et non au fond, fait qui paraît paradoxal, si l'on considère la densité énorme des éléments radioactifs. Un autre fait paradoxal, c'est l'absence de Thorium dans les sédiments où Blanc n'a jamais pu en déceler la moindre trace. Si l'on excepte les dépôts des sources de Baden-Baden, où Elster et Geitel ont fait la même constatation, il est exceptionnel de rencontrer dans la nature un élément radioactif privé de ses ascendants. Il faut admettre soit une dissolution, soit un entraînement électifs du radiothorium au dépens de minerais thori-fères dans la profondeur du sol où chemine l'eau des sources de l'Echaillon.

La production de l'émanation du Thorium.

Tels que nous venons de les étudier, les sédiments de l'Echaillon constituent une source constante d'émanation du Thorium ; mais si un traitement chimique approprié les débarrasse de la plus grande partie des substances inactives qu'ils contiennent, ils dégagent alors, sous un volume restreint, une quantité importante d'émanation. Ayant traité une certaine quantité de sédiments, nous avons essayé de les utiliser pratiquement comme producteurs d'émanation du Thorium.

La méthode la plus simple consistait à renfermer une certaine quantité (200 grammes environ) de sédiments purifiés dans un large flacon à double tubulure et à entraîner l'émanation produite par une dépression de l'air. Nous avons employé ce dispositif dans des expériences de laboratoire, où l'appel d'air était fourni par une trompe à eau, et chez des malades qui, par leur propre inspiration, aspiraient l'émanation. Mais ce procédé ne présente qu'un médiocre rendement, à cause de l'épaisseur de la préparation. Les couches supérieures arrêtent l'émanation dégagée par

les couches sous-jacentes. Nous avons alors cherché à augmenter la surface d'émission de la substance radioactive et à diminuer autant que possible le volume d'air interposé entre le radiothorium et le lieu d'utilisation de l'émanation. Ce volume d'air correspond à un véritable espace nuisible.

Dans ce but, nous avons employé un long tube métallique, à l'intérieur duquel circule l'air aspiré en traversant une mince couche de la préparation. Ce phénomène se produit sur toute la longueur du tube.

Dans le cas de l'absorption de l'émanation par l'homme, on adapte au tube un masque métallique couvrant la bouche et le nez. Ce masque possède deux soupapes : l'une d'inspiration, l'autre d'expiration. Il est nécessaire que son étanchéité soit aussi complète que possible et que, notamment, il soit adapté de façon parfaite sur le visage du patient. Nous nous sommes efforcé de réaliser un modèle remplissant ces conditions et dans lequel l'espace nuisible est réduit au minimum.

• Il nous restait à mesurer la quantité d'émanation produite dans de telles conditions. Pour cela, deux méthodes se présentaient : l'une, celle que l'on emploie dans les emanatoria à émanation de radium, consiste dans la mesure de la radioactivité rapportée au litre d'air, autrement dit, c'est la mesure d'une concentration en émanation; l'autre, c'est l'évaluation de la quantité d'émanation susceptible d'être produite par un appareil dans l'unité de temps, c'est-à-dire la mesure d'une quantité absolue d'émanation.

Nous avons utilisé ces deux méthodes, mais nous avons bientôt délaissé la première, car elle est difficilement applicable à l'émanation du Thorium.

PREMIÈRE MÉTHODE. — Le cylindre de l'électroscope est interposé sur le parcours de l'émanation, depuis l'appareil jusqu'au lieu d'utilisation : masque ou cloche renfermant un animal. Dans ces conditions, l'activité croît rapidement et pour un appel d'air constant, on a, au bout de dix minutes, l'intensité maximum du courant de saturation.

Supposons une chute de la feuille de 1 seconde, 5 pour 100 divisions, ou 18 volts, 3. Nous avons :

$$\frac{15^{(1)} \times 13}{300} = 0,606 \text{ unité E. S.}$$

Cette valeur s'applique au volume d'air contenu dans notre cylindre, c'est-à-dire à 3 litres. Pour avoir la concentration de l'émanation, il faut diviser par 3, ce qui donne 0,202 unité e. s. par litre d'air.

Ce chiffre ne répond pas à la teneur réelle, car, très rapidement, les produits de désintégration de l'émanation dans le cylindre entrent en ligne de compte et faussent le résultat ; d'autre part, le volume considérable de 3 litres introduit dans le circuit forme un volant dont l'inertie est grande et par conséquent réduit l'aspiration de l'air dans une proportion sensible. Ces facteurs tendent à augmenter le chiffre réel de la mesure.

(1) Capacité en unités E. S.

DEUXIÈME MÉTHODE. — Ces considérations nous ont amené à choisir la seconde méthode, qui consiste à évaluer la quantité d'émanation en équilibre émise par l'appareil.

Pour cela, on laisse le tube clos pendant plus de dix minutes, puis, ayant fait un vide poussé jusqu'à 10 cm. de Hg dans le cylindre de l'électroscope, on y fait rapidement pénétrer l'émanation en équilibre. La lecture doit être faite dans les premières secondes. Cette manœuvre qui, au début, présente quelque difficulté, arrive cependant à être exécutée correctement. Nous admettons la vitesse de l'aspiration de l'émanation suffisante et le trajet de l'appareil au cylindre assez réduit pour que l'activité de l'émanation ne soit pas diminuée d'un degré appréciable, depuis son départ de l'appareil jusqu'à son arrivée dans le cylindre.

Avec le tube qui a été décrit plus haut, nous avons trouvé une chute de 1 seconde, 2 pour 100 divisions ou 18 volts, 3, soit :

$$\frac{15 \times 15,25}{300} = 0,762 \text{ unité E. S.}$$

C'est l'intensité du courant de saturation produit par l'émanation en équilibre.

Or, on peut évaluer la quantité d'émanation produite en une minute. La durée moyenne de vie de l'émanation du Thorium est de 76 secondes, c'est-à-dire que l'on admet qu'il se forme ou se détruit dans chaque seconde environ $1/76$ de la quantité d'émanation considérée. La quantité émise par le tube en une minute sera donc de :

$$\frac{0,762 \times 60}{76} = 0,602 \text{ unité E. S.}$$

On pourra calculer ainsi, d'une manière approximative, il est vrai, mais acceptable en pratique, la quantité d'émanation débitée par un appareil en un temps donné.

Nous considérons que cette quantité est entraînée en totalité, soit au cours des expériences de laboratoire que nous relaterons plus loin, soit avec le masque des malades. En effet, dans le premier cas, nous avons utilisé la dépression produite constamment par une trompe à eau d'un gros débit ; donc, entraînement continu et rapide de l'émanation formée. Dans le deuxième cas, les inspirations du malade se produisant environ 15 fois par minute, sont, elles aussi, suffisantes pour amener l'émanation douée de la plus grande partie de son activité jusque dans les voies respiratoires.

Il se pose maintenant une question, celle des unités de mesure. Les résultats que nous avons obtenus sont exprimés en unités électrostatiques d'intensité de courant ; peut-on les transformer en unités curie ? Nous ne le pensons pas. Les unités « curie » correspondent à l'émanation du radium, par définition. Il ne nous paraît pas possible d'assimiler l'émanation du Thorium à celle du Radium. Leurs durées moyennes de vie, le parcours des rayons qu'elles émettent, leurs produits de désintégration sont trop différents pour que l'on puisse les mesurer avec la même unité. Nous ne ferons donc jamais la transformation des unités

électrostatiques en unités curie et nous estimons préférable de nous en tenir à des unités d'électricité pour évaluer des quantités d'émanation du Thorium.

Dans les quelques travaux expérimentaux que les Allemands ont réalisés avec l'émanation du Thorium, les auteurs emploient les unités *Mache*. Mache a défini ainsi l'unité qui porte son nom : la millième partie de l'intensité d'un courant de saturation égal à une unité électrostatique, *produit dans un condensateur de très grandes dimensions*.

Bien que les conditions dans lesquelles furent faites nos mesures ne soient pas assimilables à celles requises par la définition de Mache, nous diviserons par mille les chiffres donnés en maches, afin de pouvoir les comparer à ceux que nous donnons en unités électrostatiques.

Action physiologique de l'émanation.

L'émanation du Thorium, avec les caractères physiques que nous lui connaissons, avec sa durée moyenne de vie de 76 secondes, était-elle capable de produire dans l'organisme un effet physiologique quelconque, après avoir été amenée dans les voies respiratoires d'un animal ? La question était entière pour nous.

Les recherches bibliographiques nous ont montré que le physicien Soddy fut le premier à penser à l'utilisation médicale de cette émanation. En 1903, à une époque où l'émanation du radium n'était pas employée en thérapeutique, il suggère aux médecins de faire respirer à leurs malades l'émanation qui se dégage du nitrate de thorium. Sharp, Tracy, Reinwald essayent, soit sur des laryngites tuberculeuses, soit sur des bacilloses pulmonaires : les résultats furent peu encourageants, ce qui n'est pas pour nous surprendre. En 1911, les Allemands, étudiant d'une façon générale l'action des substances radioactives sur l'organisme, reprennent l'étude physiologique de l'émanation du Thorium. Emsmann, d'abord, à l'aide

d'un appareil à radiothorium de la Société Auer, de Berlin, recherche la radioactivité du sang d'un lapin ayant respiré pendant deux heures dans une atmosphère chargée d'émanation du Thorium (environ 0,04 unité e. s. par litre d'air). Le sang se montra absolument inactif.

Kojo-Kenji, ensuite, fit une expérience sur lui-même : il aspira l'air chargé d'émanation par passage à travers une solution de Thorium X (0,003 unité e. s., par litre d'air) et il rechercha, une heure après l'inhalation, l'activité de l'air de son expiration et celle de ses urines. Il ne pût mettre en évidence la moindre radioactivité et conclut : « Ces expériences, comme celles d'Emsmann rendent vraisemblable qu'il ne faut pas escompter que l'émanation du Thorium ait un effet quelconque sur le corps, si on la fait respirer comme celle du radium, car elle est trop fugace. »

Enfin, Bickel, se basant sur les données précédentes, estime qu'elle ne peut être utilisée en thérapeutique, à cause de sa trop courte durée de vie. Seul, Gudzent semble avoir fait une timide tentative chez quelques rhumatisants.

Mais, plus encore que les résultats donnés par les expériences de Kojo-Kenji et d'Emsmann, c'est un facteur d'ordre pratique qui a contribué à orienter les recherches : l'abondante production du Thorium X en Allemagne, la facilité de se le procurer sur place et doué de toute son activité ont dirigé tous les efforts du côté de cet élément.

Cependant, les expériences d'Emsmann et de Kojo-Kenji ont-elles la signification que ces auteurs leur ont

attribuée ? Nous ne le croyons pas. Elles montrent simplement que de très faibles doses d'émanation du Thorium ne rendent radioactifs ni le sang, ni les urines de l'individu soumis à l'inhalation. Et, logiquement, il ne peut pas en être autrement. On ne peut concevoir, en effet, une radioactivité du sang, des urines et de tous les liquides organiques que dans le cas d'une absorption de doses considérables d'émanation de Thorium et, dans ce cas, même, l'activité constatée ne sera pas due à l'émanation, mais à ses produits de désintégration : Thorium A, B, C et D.

On ne comprend, du reste, pas pourquoi la question de l'action physiologique des produits radioactifs sur un organisme serait liée à la radioactivité de cet organisme après l'absorption.

Quant à la question de la radioactivité de l'air expiré par le sujet, il est intéressant de remarquer que, dans le cas de l'absorption d'émanation du Radium par un individu, l'air expiré est très actif pendant la demi-heure qui suit, puis de moins en moins actif. Ce phénomène, que l'on constate chaque fois, est-il favorable à l'action thérapeutique ? Nous ne le pensons pas, car, la quantité d'émanation qui agit véritablement sur l'organisme, c'est celle qui agit véritablement sur l'organisme, c'est celle qui y reste et qui s'y détruit. Le rejet de l'émanation par l'air expiré est une perte considérable sur cette quantité.

Dans le cas de l'émanation du Thorium, la destruction dans l'organisme porte sur toute la quantité absorbée et sa désintégration donne naissance, au sein

même de l'individu, à la radioactivité induite de Thorium. On ne peut d'ailleurs pas induire *a priori* si l'inhalation d'émanation du Thorium produira ou ne produira pas dans l'organisme un effet physiologique quelconque : le seul moyen de le savoir, c'est d'expérimenter.

Les éléments figurés du sang chez les animaux soumis à l'émanation.

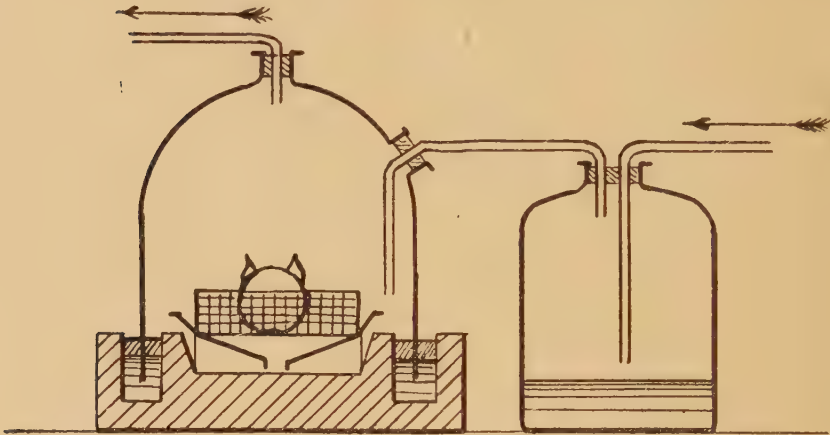
La sensibilité particulière des organes hématopoïétiques aux radiations nous a amené à les considérer comme un critérium de l'action physiologique de l'émanation. Pour agir sur ces organes, sans cependant apporter de modifications importantes à la vie de l'animal, nous avons employé le dispositif suivant :

Un cobaye est placé sous une cloche de grande capacité (8 litres) et parfaitement étanche. Cette cloche repose sur un bain de mercure recouvert d'une couche d'huile, pour éviter les vapeurs du métal. Elle communique, d'une part, avec une trompe à eau, et, d'autre part, avec le flacon producteur d'émanation que nous avons décrit. L'animal, placé sur un support grillagé, mange sous la cloche et y reste constamment. La ventilation est assurée par la trompe qui assure un débit de 50 litres d'air à l'heure.

Trois expériences témoins sont faites avec ce dispositif qui ne comprend pas, dans ce cas, l'appareil producteur d'émanation. L'air aspiré dans la cloche

est l'air du laboratoire. Les prises de sang aux animaux sont faites à l'oreille, avant l'entrée dans la cloche, puis de 48 heures en 48 heures, pendant 12 jours. Elles ne montrent aucune modification, ni dans le nombre des hématies, ni dans celui des leucocytes ; la formule sanguine est aussi normale.

Au contraire, chez chacun des 10 cobayes que nous avons soumis à l'émanation, il apparaît, déjà 24 heures après l'entrée en expérience, des modifications



Expérience sur le cobaye.

profondes dans le nombre des hématies, des leucocytes et dans l'équilibre leucocytaire. On constate, notamment, une augmentation du nombre des globules blancs qui, de 6.500 en moyenne, passent à 12.000 ; et un léger accroissement du nombre des hématies qui, de 4.800.000, montent à 5.150.000.

Les jours suivants, ce processus s'accroît et vers la fin du douzième jour, on a un maximum de leucocytose (de 20.000 à 25.000 globules blancs).

La production maxima des hématies se trouve au quatrième jour, nous comptons alors jusqu'à 7.000.000 de globules rouges. Il arrive ensuite une période de décroissance plus rapide pour les leucocytes, qui commencent à diminuer au troisième jour et retombent au chiffre normal vers le cinquième jour. Le nombre des hématies décroît, lui aussi, mais plus lentement. L'expérience se prolongeant au delà du cinquième jour, on assiste à une disparition progressive des éléments figurés du sang, mais encore plus marquée pour les leucocytes. On a alors une véritable *aleucocytose* et l'animal ne tarde pas à mourir.

La formule leucocytaire subit, elle aussi, une transformation importante : c'est la prédominance de plus en plus marquée des polynucléaires au dépens des mononucléaires et des lymphocytes. Les tableaux suivants, que nous avons communiqués à la Société de Biologie, avec M. le Professeur Cluzet, résument cette évolution :

	avant l'expérience	24 heures après	Fin du 2 ^e jour	Fin du 3 ^e jour	Fin du 5 ^e jour	Fin du 7 ^e jour
Lencocytes.	4.800.000	5.150.000	6.400.000	6.400.000	5.000.000	4.000.000
Hématies. . .	6.500	12.400	20.100	12.000	6.400	2.500

Formule Leucocytaire

	Avant l'expérience	le 4 ^e J. de l'expérience	le 6 ^e J. de l'expérience
Polynucléaires neutrophiles	55 %	71 %	88 %
Polynucléaires éosinophiles	7 %	6 %	2 %
Mononucléaires	13 %	9 %	5 %
Lymphocytes	23 %	11 %	2 %
Formes de transition	2 %	3 %	3 %

Il est difficile d'évaluer la dose d'émanation que le cobaye doit absorber pour présenter ces troubles profonds du système hématopoiétique.

Dans les expériences que nous venons de relater, nous nous sommes servis d'un flacon producteur d'émanation dont le débit, calculé suivant la méthode indiquée plus haut, atteignait 0,38 unité e. s. par minute; ce qui donne 22,8 unités e. s. par heure, et environ 550 unités e. s. par 24 heures. Mais, si ces chiffres indiquent la quantité d'émanation fournie par l'appareil et, approximativement, celle entraînée dans la cloche, ils ne permettent pas d'évaluer la quantité absorbée par l'animal. Tout ce que nous pouvons dire, c'est que : un cobaye vivant dans une atmosphère traversée toutes les 24 heures par une quantité d'émanation de Thorium correspondant à 550 unités e. s. présente graduellement les troubles sanguins qui viennent d'être décrits.

PLANCHE I

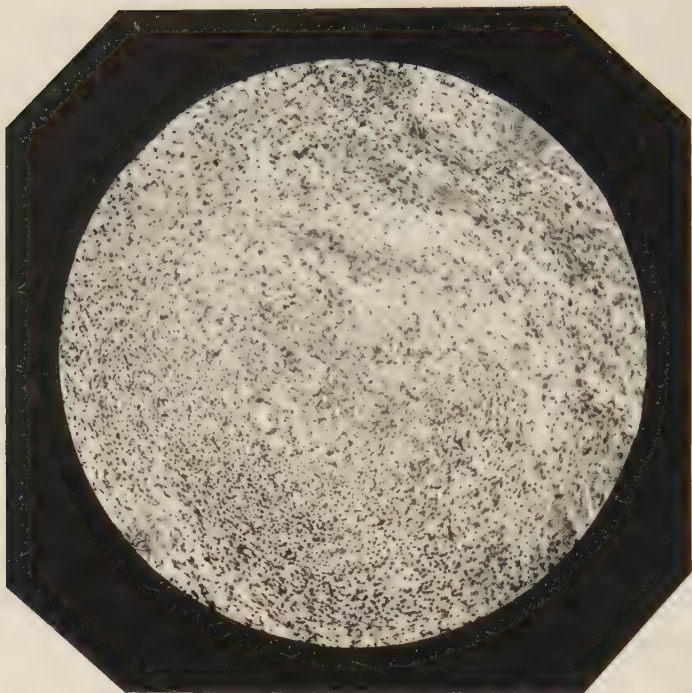


FIG. I



FIG. II

FIG. 1. — Rate de cobaye normal.

FIG. 2. — Rate de cobaye mort le 23^e jour. A. A. Pigments.

PLANCHE II

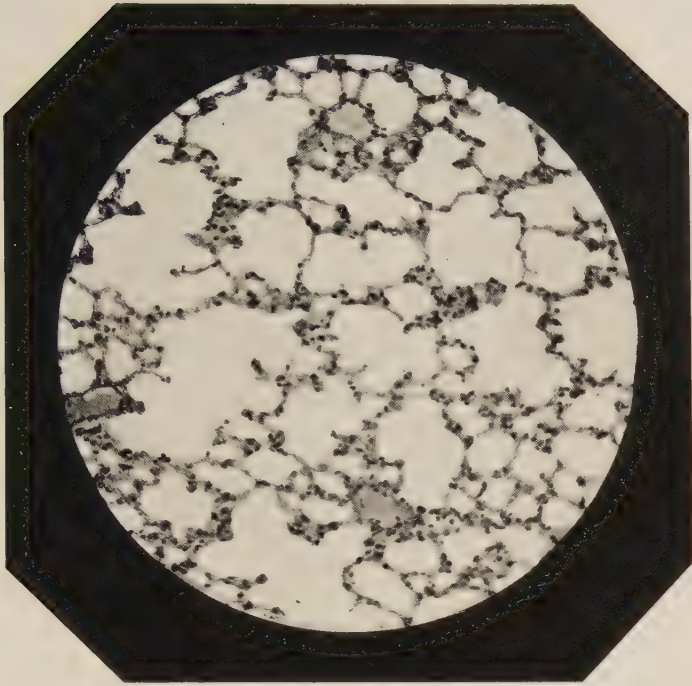


FIG. III

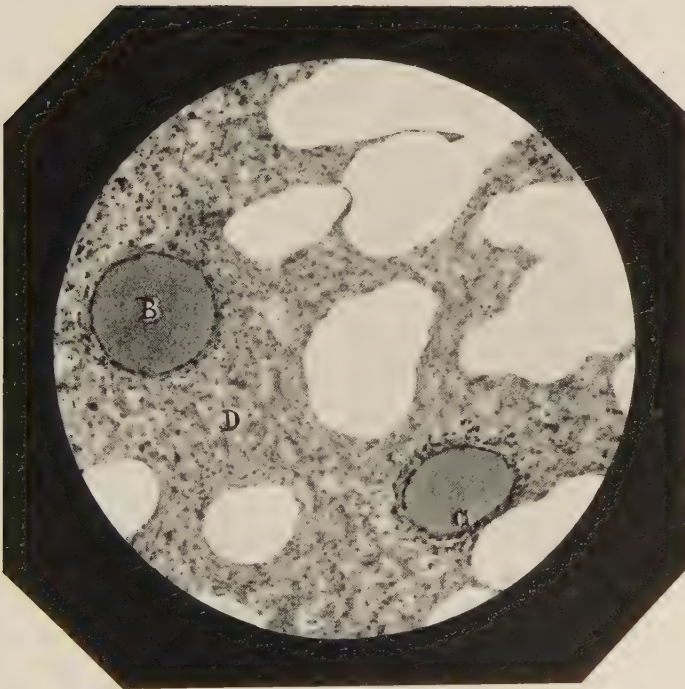


FIG. IV

FIG. 3. — Poumon de cobaye normal.

FIG. 4. — Poumon de cobaye mort le 23^e jour. B. vaisseau néoformé. C. bordure lymphocytaire. D. hyperplésie de la paroi alvéolaire.

Action toxique de l'émanation de Thorium.

La prolongation des expériences précédentes pendant une durée de huit jours consécutifs a toujours amené la mort de l'animal. Pendant les cinq ou six premiers jours, les cobayes se montrent normaux : leur poids se maintient, l'appétit est bon, même exagéré. Mais bientôt, ils présentent un poil hérissé ; leurs mouvements sont moins vifs ; l'appétit tombe ; le poids diminue. Dans les dernières heures, ils prennent un aspect misérable, se tiennent difficilement sur leurs pattes et semblent somnoler. L'obitus se produit soit au début, soit à la fin du huitième jour.

Dans ces conditions, on peut admettre que la quantité d'émanation ayant traversé la cloche se rapproche de 4.400 unités e. s. Bien que l'on ne se soit jamais occupé de déterminer la dose toxique de l'émanation du Thorium, il est intéressant de constater que cette quantité de 4.400 unités e. s. est voisine de celle de 5.000 unités e. s. que Plesch, avec les injections de Thorium X, a déterminée comme causant la mort du cobaye.

Nous avons cherché aussi à produire une intoxication moins rapide. Pour cela, dans le dispositif précédent, nous avons substitué au flacon producteur d'émanation un autre appareil, dont le débit atteignait seulement 0,08 unité e. s. par minute.

Avec cette dose, un cobaye a survécu jusqu'au 23^e jour. Les manifestations sanguines furent identiques à celles que nous avons décrites plus haut ; mais leur évolution fut plus lente.

Le 11^e jour de l'expérience, l'animal présentait 10.000 leucocytes et 7.500.000 hématies par millimètre cube de sang. Le 16^e jour, les leucocytes étaient à 8.000 et les hématies à 6.750.000. La mort se produisit le 23^e jour, accompagnée des troubles habituels.

Dans ce cas, la dose totale d'émanation fut de 2.650 unités e. s. Il semble donc qu'une quantité d'émanation plus faible soit susceptible de produire un effet physiologique équivalent à celui produit par une quantité plus élevée, à condition, toutefois, que le temps d'administration soit plus long (1).

A la fin de chaque expérience, nous avons procédé à l'autopsie de l'animal. L'examen macroscopique des organes fut différent suivant qu'il s'agissait d'une intoxication rapide (8 jours), ou lente (23 jours).

Dans le cas d'une intoxication rapide, on constate : une congestion assez marquée des poumons et des reins. Les surrénales sont volumineuses ; la rate légèrement diminuée de volume. Le foie est congestionné, la moelle osseuse très rouge.

(1) Il est intéressant de rapprocher cette notion de celle, identique, à laquelle M. Regaud a abouti dans la curiethérapie du cancer.

Dans le cas d'une intoxication de 23 jours : la congestion des poumons est plus marquée. On note même quelques infractus pulmonaires. Les surrénales sont au contraire très réduites. La rate est minuscule. Le foie jaunâtre est flétri, la moelle osseuse se présente sous l'aspect d'une bouillie violacée.

Grâce au concours de notre ami le Docteur Dechaume, interne des hôpitaux et à la bienveillance du Docteur Gravier, chef des travaux d'histologie, qui nous ont guidé dans l'interprétation des coupes, nous avons pu faire un examen microscopique des organes de nos cobayes. Nous ne rapporterons ici que les caractères les plus saillants des préparations, nous réservant, dans un travail ultérieur, de préciser davantage et de décrire les lésions plus fines.

D'une façon générale, il n'y a pas de différence essentielle entre les lésions de l'intoxication rapide et celles de l'intoxication lente. Il y a seulement une accentuation bien plus marquée de ces dernières, en même temps qu'il apparaît un travail d'organisation et de sclérose.

Moelle osseuse. — Les frottis de moelle osseuse colorés soit à l'hématéïne éosine soit au giemsa montrent deux sortes de cellules anormales :

1° De grandes cellules pâles, à noyau mal coloré, aux contours flous et irréguliers qui ont un aspect glomérulaire caractéristique.

2° Des cellules lymphocytiformes, petites, à noyau très intensément coloré et qui semblent en état de pycnose.

Ces deux catégories de cellules se montrent très abondantes dans toutes les préparations. Elles donnent un aspect spécial aux frottis.

Rate. — On a une diminution considérable de la pulpe blanche, tant en étendue des cordons de Biliroth qu'en densité. Dans l'intoxication rapide pas de traces de sclérose. Au contraire, dans l'intoxication lente : sclérose marquée et réduction énorme des cordons qui sont difficilement limités. Dans les deux cas nombreuses cellules lymphocytoïdes en voie de pycnose. Pigments sanguins disséminés dans toute la préparation.

Poumon. — Chez les cobayes morts en huit jours on constate une légère hyperplasie de la paroi alvéolaire avec une congestion vasculaire assez marquée. Aucune exsudation intra-alvéolaire. Légère réaction lymphocytaire autour des vaisseaux.

Dans le cas de l'intoxication lente, on ne trouve pas non plus d'exsudation alvéolaire ; mais, l'hyperplasie des parois devient considérable. L'irrigation est assurée par des vaisseaux néoformés de gros calibre et qui présentent autour de leur gaine une bordure lymphocytaire marquée.

Foie. — On note : 1° une forte congestion des capillaires sans, cependant, qu'il y ait dissociation des travées :

2° entre les travées cellulaires se trouvent les éléments à noyau intensément coloré, ressemblant à

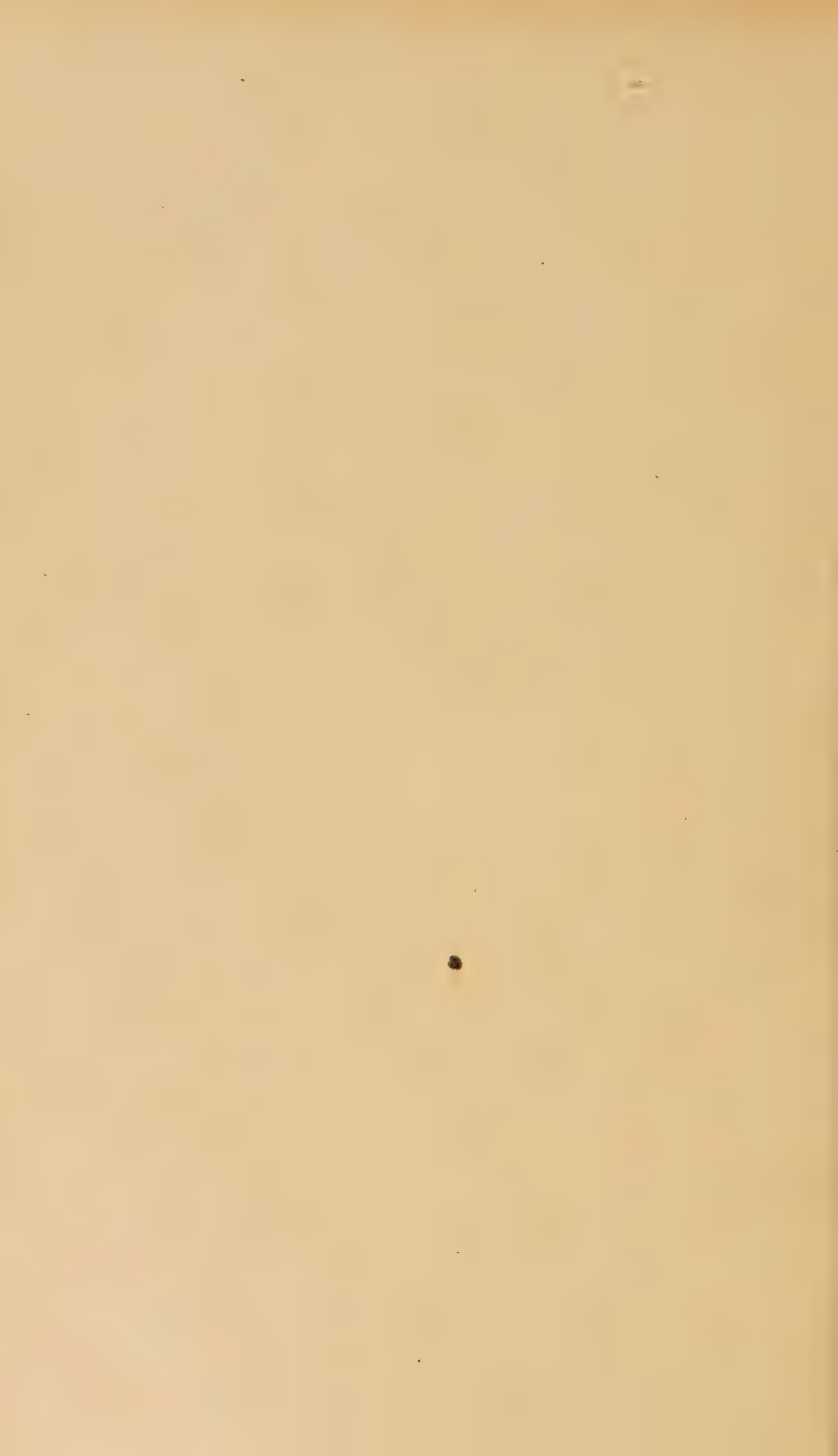
des lymphocytes. On trouve chez certains d'entre eux des figures de karyokinèse ;

3° le cytoplasma hépatique prend les colorants, il a un aspect grenu, sans vacuoles graisseuses.

Dans l'intoxication lente, on aperçoit quelques travées de scléroses.

Rein. — Les lésions paraissent discrètes. Un peu de congestion avec quelques ruptures vasculaires. Il semble, en outre, que la présence des éléments cellulaires interstitiels soit un peu plus marquée que normalement.

Surrénale. — Les surrénales semblent éprouver au cours des expériences de grandes variations de volume. Dans l'intoxication rapide on les trouve très grosses ; dans l'intoxication lente, elles deviennent très petites. Elles présentent dans ce dernier cas une bordure de grandes cellules très intensément colorées qui existe sur tout le pourtour de la glande. Il semble que l'on ait affaire à des cellules en état de suractivité. Cette bordure ne se trouve pas dans l'intoxication rapide.



Influence de grandes quantités d'émanation sur les bactéries.

L'émanation du Thorium n'agit pas seulement sur l'organisme animal, elle peut aussi influencer les organismes inférieurs : les microbes.

Avec la collaboration de M. le Docteur Rochaix, Professeur agrégé, nous avons recherché, M. le Professeur Cluzet et moi, l'action bactéricide de l'émanation. Pour cela, nous avons fait barbotter l'air chargé d'émanation dans l'appareil producteur à travers diverses émulsions microbiennes. Les émulsions étaient contenues dans des flacons à double tubulure, des tampons de coton placés dans les tubulures constituaient des filtres à l'entrée et à la sortie de chaque flacon. L'aspiration était assurée par une trompe à eau. Ces émulsions étaient constituées par des bactéries provenant de cultures de 24 heures, en suspension dans de l'eau physiologique stérile.

Nous avons choisi des espèces microbiennes relativement résistantes et s'accommodant bien au milieu choisi : l'eau physiologique. Ces espèces furent : le staphylocoque, le bacille d'Eberth et les espèces aquatiles d'une eau potable.

Chaque fois une émulsion où barbotait l'air inactif du Laboratoire, servait de témoin. Ces expériences furent effectuées à la température de 15° C. en moyenne. Après un temps variable, on procédait à un ensemencement en eau peptonée de l'émulsion soumise à l'émanation et de l'émulsion témoin. A la suite d'un séjour de 24 heures dans une étuve à 37°, pour chaque espèce microbienne, l'ensemencement de l'émulsion témoin nous a toujours donné une culture abondante.

Pour les émulsions irradiées, les résultats furent les suivants :

1° *Staphylocoque.*

Des prélèvements effectués après 24, 48 heures et 4 jours d'irradiation, nous ont toujours donné des cultures poussant dans les 24 heures.

2° *Bacille d'Eberth.*

a) En émulsion faible, soit environ 4 à 500 millions de microbes au centimètre cube. Nous avons constaté, au bout de 9 jours d'irradiation, un retard de 24 heures à l'ensemencement.

b) En émulsion forte, 2 milliards au centimètre cube.

Nous n'avons noté aucun retard au bout de 10 jours d'irradiation, mais au bout de 15 jours il s'est produit un retard de 24 heures, et, enfin, un retard de 3 jours, après 20 jours consécutifs d'irradiation.

3° *Microbes contenu dans l'eau du service de distribution de la ville de Lyon.*

Au bout de 4 jours d'irradiation, nous n'avons constaté aucun retard après l'ensemencement de l'eau ; mais au bout de 10 jours d'irradiation, nous avons observé un retard de 3 jours dans l'obtention de la culture.

Le débit de l'appareil producteur d'émanation ayant été évalué à 0,25 unité E. S. par minute, nous admettons que la quantité d'émanation ayant circulé à travers l'émulsion, en une heure, est voisine de 15 unités E. S.

Les résultats rapportés plus haut peuvent donc être résumés de la façon suivante : une quantité d'émanation de Thorium correspondant à 1.440 unités E. S. (4 jours d'irradiation) ne produit aucun effet sur la vitalité des staphylocoques ; le bacille d'Eberth paraît sensible, en émulsion faible, à la dose de 3.000 unités E. S. (9 jours d'irradiation) ; et en émulsion forte, aux doses considérables de 5.400 unités E. S. (retard de 24 heures) et de 7.200 unités E. S. (retard de 3 jours). Quant aux microbes indéterminés (espèces aquatiques banales) d'une eau potable, ils semblent les plus sensibles, avec un retard de 3 jours, après avoir reçu 3.600 unités E. S.

Ces chiffres montrent que de grosses doses d'émanation du Thorium diminuent la vitalité des bactéries considérées. Nous n'avons pas obtenu la stérilisation et nous ne saurions nous en étonner, étant donné l'influence très faible de tous les corps radioactifs sur les microbes.

Les expériences de Jañsen, Chambers et Russ, Zehner et Falta montrent qu'à doses très élevées l'émanation de Radium est seulement capable d'apporter un retard au développement des cultures. L'émanation du Thorium se comporte dans ce cas comme celle du Radium.

Les applications d'émanation de Thorium dans quelques maladies du sang.

Après avoir mis en évidence, expérimentalement, l'action physiologique de l'émanation du Thorium, nous avons cherché ses applications thérapeutiques.

Pour cela, les malades à traiter ont été soumis aux inhalations d'émanation avec le masque que nous avons brièvement décrit.

Les inhalations sont très facilement supportées par les patients. Elles ne nous ont donné qu'une seule fois des phénomènes d'intolérance, se traduisant par des nausées. Une autre fois nous avons constaté après un long traitement par l'émanation une pigmentation brune très marquée des mains et des avants-bras du sujet.

La durée du traitement est variable. En général nous soumettons les malades à l'inhalation pendant deux ou trois heures par jour et par demi-heures espacées dans le cours de la journée. Le traitement se poursuit pendant deux ou trois semaines. Nous avons observé que les doses relativement peu élevées et administrées pendant longtemps donnaient de

meilleurs résultats que les doses massives. Cependant il est nécessaire de se tenir au-dessus d'un minimum, minimum que nous évaluons à environ 40 unités E. S. par jour.

Nous avons appliqué sous la direction de notre maître, M. le Professeur Roque, les inhalations d'émanation dans un certain nombre de cas de leucémies et dans quelques cas d'anémies graves.

1° *Leucémies.*

L'indication du traitement des leucémies chroniques par l'émanation du Thorium découle naturellement des faits expérimentaux que nous avons exposés. M. Roque considère les leucémies chroniques comme de véritables néoplasies soit du tissu myéloïde, soit du tissu lymphoïde. En même temps que l'on assiste à une néoproduction se traduisant par un essaimement des cellules blanches ; on a une inhibition de la production des cellules rouges par la présence même du tissu néoplasique. Or, nous avons vu que l'effet le plus sensible de l'émanation c'est son action sur les organes hématopoiétiques. Il était donc rationnel d'essayer ce traitement.

Nous avons appliqué aux malades, qu'il s'agisse de leucémie myéloïde ou de leucémie lymphoïde, une même cure d'émanation. Dans certains cas cette cure a comporté quatre séances d'inhalation, avec le masque, d'une demi-heure chacune, espacées dans la journée. Le traitement durait pendant deux semaines. Dans ces conditions nous nous sommes servis d'un

appareil débitant 96 unités E. S. par heure ; ce qui donne une quantité d'environ 2.600 unités E. S. pour la cure entière.

Dans d'autres cas nous avons utilisé le tube donnant 0,6 unité E. S. par minute, soit 36 unités E. S. par heure. Le traitement comprenait alors 3 heures d'inhalation par jour, pendant 21 jours ; soit environ 2.200 unités E. S. Les effets thérapeutiques sont meilleurs avec cette dernière méthode.

La thèse de Baur (Lyon 1922) rend compte des résultats que nous avons obtenus. Ils peuvent se résumer ainsi :

a) Amélioration de l'état général.

b) Chute de la température.

c) Diminution du chiffre des globules blancs dont le nombre a pu s'abaisser jusqu'au-dessous du quart du chiffre primitif, augmentation considérable (pouvant atteindre plusieurs millions) du nombre des globules rouges, ascension du taux de l'hémoglobine.

d) Fonte appréciable de la rate et des ganglions hypertrophiés.

Baur a publié les observations de nos malades : 1 cas de leucémie lymphoïde, 3 cas de leucémie myéloïde. Depuis sa thèse, nous avons traité un autre cas de leucémie lymphoïde, les résultats furent excellents. Tous ces malades, que nous revoyons périodiquement, vaquent à l'heure actuelle à leurs occupations. Nous n'en avons pas perdu un seul, la température à gran-

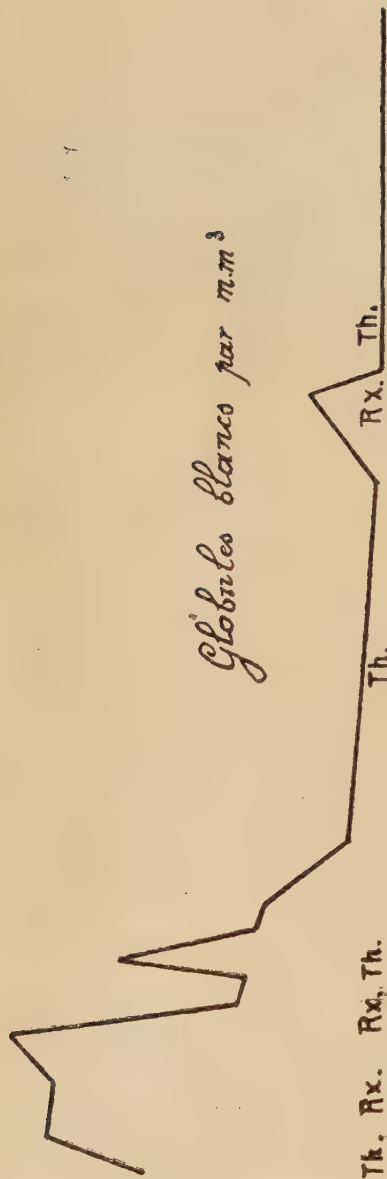
des oscillations qu'ils présentaient avant leur traitement a disparu. Certains se maintiennent dans cet état depuis deux ans.

Dans les cas de leucémie myéloïde nous avons associé à l'émanation de Thorium, la radiothérapie ; et, notamment, la radiothérapie de l'épiphyse des os longs et du sternum. Le traitement par l'émanation ne contre-indique nullement les rayons X qui sont une arme de premier ordre. Notre expérience nous a montré qu'il était utile d'intercaler les séances de radiothérapie entre les cures d'inhalation. Du reste, les résultats thérapeutiques de ces deux agents sont un peu différents. Tandis que les rayons X produisent particulièrement une diminution du nombre des leucocytes, l'émanation du Thorium amène surtout une augmentation très marquée du nombre des globules rouges. Ces deux actions se complètent. Les graphiques ci-contre montrent la courbe des éléments figurés du sang chez un des malades.

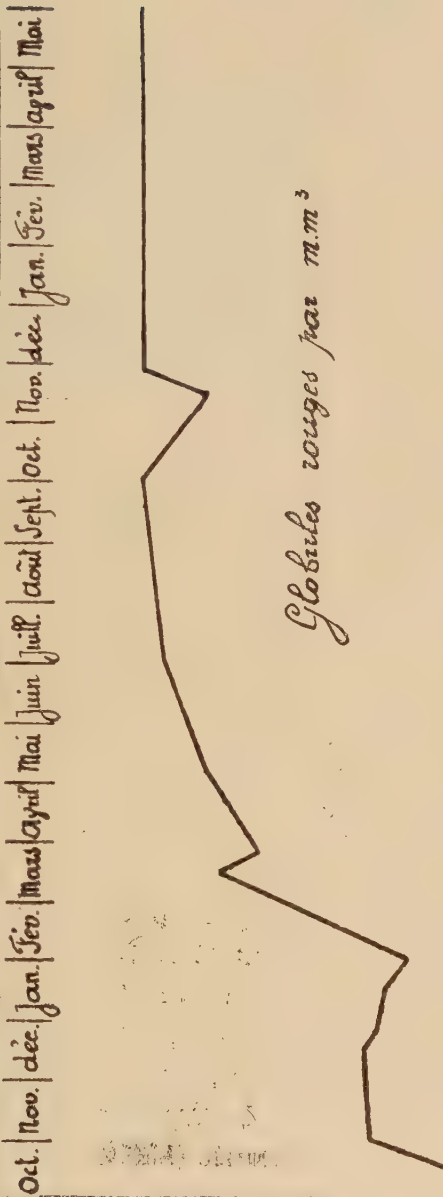
Dans les cas de leucémie lymphoïde nous avons utilisé exclusivement l'émanation. Elle a suffi à amener et l'augmentation des hématies et la réduction considérable du chiffre des leucocytes. Le volume des ganglions a été, lui aussi, nettement influencé.

Nous avons eu l'occasion de voir un cas de leucémie à évolution aiguë. Nous avons essayé la radiothérapie et l'émanation. Ni l'une ni l'autre n'ont donné de résultat et l'obitus s'est produit trois semaines après l'entrée de la malade à l'hôpital.

Globules blancs par mm^3



Globules rouges par mm^3



2° Anémies.

Dans les cas d'anémie grave nous avons obtenu des succès avec les inhalations d'émanation. L'augmentation du nombre des globules rouges, le relèvement du taux de l'hémoglobine sont constants, à condition, toutefois, que la moelle osseuse puisse encore réagir.

A la clinique de M. le Professeur Roque, nous avons traité trois cas d'anémie grave par l'émanation du Thorium.

Le premier cas, rapporté dans la thèse de Le Carbout (Lyon 1922) est celui d'un ouvrier italien, syphilitique et venant de subir un traitement par l'arsénobenzol.

Il présentait des hémorragies gingivales et nasales répétées. A l'entrée il possédait 1.675.000 hématies au millimètre cube. A la sortie de l'hôpital, un mois après, le chiffre de ses hématies atteignait 3.500.000. Le taux de l'hémoglobine avait passé de 30 à 60 pour cent. Les hémorragies avaient cessé complètement. Le traitement a consisté en deux heures d'inhalation chaque jour, pendant douze jours. L'appareil débitait 0,4 unité E. S. par minute, soit une dose totale de 576 unités E. S.

Les deux autres cas concernent des femmes présentant, l'une des hémorragies intestinales et l'autre des hémorragies utérines. Malgré une anémie très marquée (1.200.000 hématies dans un cas et 2.000.000 dans l'autre), un état général précaire ; elles ont vu leurs hémorragies disparaître et le chiffre de leurs globules rouges monter progressivement jusqu'à

4.000.000. A l'heure actuelle, l'une et l'autre vaquent à leurs occupations.

Pour obtenir de tels résultats, il est indispensable d'administrer des doses atteignant 5 à 600 unités E. S. Des doses plus faibles ne sont pas suffisantes pour produire l'excitation de l'hématopoïèse. Enfin, les anémies cancéreuses ne paraissent pas justiciables de cette thérapeutique.

L'émanation du Thorium dans l'uricémie.

L'action remarquable des corps radioactifs, en général, sur les échanges puriques permettait de penser que l'émanation du Thorium aurait un effet favorable dans l'uricémie. La rareté des malades uricémiques dans les hôpitaux, la difficulté des dosages précis d'acide urique dans le sang ont fait que nous n'avons trouvé qu'un seul cas d'uricémie vraie dans le service de M. le Professeur Roque.

Voici le résumé de l'observation du malade :

L..., 49 ans, mécanicien, vient à l'hôpital pour douleur dans le genou droit, avec tuméfaction articulaire.

A. H. : Mère âgée de 76 ans, rhumatisante.

A. C. : Sœur âgée de 57 ans, atteinte de rhumatisme déformant.

Marié, femme bien portante, père de quatre enfants ; l'un d'eux a présenté des coliques néphrétiques.

A. P. : Ethylisme : 3 litres de vin par jour.

En 1905, troubles gastriques. En 1909, sciatique droite. Mobilisé, réformé en 1915, pour emphysème. A présenté, au retour dans son foyer, une sciatique qui a persisté pendant

huit semaines. Au mois de novembre 1921, a de nouveau souffert le long de son sciatique. Depuis quatre jours, le malade a constaté une augmentation brusque du volume de son genou droit, avec impossibilité de le mouvoir.

A l'examen :

Membre inférieur droit : Au niveau du genou, augmentation de volume de l'articulation, peu d'hyperthermie locale, pas de coloration anormale. Epanchement articulaire. Cul de sac supérieur de la synoviale très distendu. Les mouvements de flexion et d'extension sont très limités et douloureux.

Membres supérieurs : Aux deux mains, rétraction de l'aponévrose palmaire qui aurait débuté il y a une quinzaine d'années et se serait accentuée progressivement. Au niveau du bord cubital du poignet droit, petite tuméfaction allongée.

Poumons : Sonorité normale, respiration emphysémateuse.

Cœur : La pointe bat dans le sixième espace, un peu en dehors de la ligne mamelonnaire. Les bruits sont réguliers et normaux.

Tension artérielle : 16,5 — 11.

Appareil digestif : Le foie est gros.

Urines : Abondantes, polyurie et pollakiurie. Urines pâles. En précisant l'interrogatoire, on apprend que depuis quelques années, le malade se plaint de céphalées, survenant sous forme de migraine et persistant huit ou dix jours. Bourdonnements d'oreilles, sensations de mouches volantes. Crampes dans les membres inférieurs.

En résumé : Obèse qui possède une hérédité arthritique. Ethylisme ancien avec un foie à l'heure actuelle. Douleurs articulaires, sciatique et rétraction des aponévroses palmaires; manifestations d'origine goutteuse. Gros cœur avec hypertension. Petits signes de Brigtisme.

Analyses chimiques (M. Boulud) le 23/3/22.

Dosage d'urée dans le sang : 0 gr. 46. pour 1000.

Dosage de l'acide urique dans le sérum : 0 gr. 048.
pour 1000.

Analyse des urines du 23/3/22

Volume		2400
Densité		1010
	pour 1000	
Résidu	16	38,4
Acidité	0,50	1,2
Urée	6,60	15,84
Azote uréique	3	7,20
Azote total	3,70	8,88
Ammoniaque	0,32	0,79
Purines	0,31	0,74
P ² O ⁵	1	2,40
Na Cl	6	14,40
Coefficient azoturique . . .	81	
Urée % de résidu	41	
Na Cl % de résidu	37	
Az. H ³ % Az. total	8,6	
Az. purique % d'Az. total . .	2,8	
P ² O ⁵ % d'Az. total	27	

Le 4 avril on commence le traitement par l'émanation du Thorium. Le malade inhale pendant 3 h. 1/2 chaque jour, pendant 14 jours. L'appareil débite 0,4 unité E. S. par minute, soit une dose de 84 unités E. S. par jour et une dose totale de 1.176 unités E. S.

En cours de traitement, on remarque les urines extrêmement chargées, elles ressemblent à une véritable bouillie.

Analyse des urines du 10/4/22

Volume		3500
Densité		1015
	pour 1000	
Résidu	25	87,5
Acidité	0,64	2,24
Urée	5,20	18,20
Azote uréique	2,40	8,40
Azote total	3,10	10,85
Ammoniaque	0,23	0,80
Purines	0,30	1,05
P ² O ⁵	1	3,50
Na Cl	7,20	25,20

Les douleurs sont en recrudescence, et s'étendent à toutes les articulations. On assiste à une véritable crise. Puis, peu à peu, les phénomènes cliniques s'amendent, le malade éprouve du soulagement. La mobilité des articulations reparaît en même temps que le gonflement diminue.

A la fin du traitement on fait de nouveau l'examen du sang et des urines.

Dosages du 28 avril :

Urée dans le sang : 0,20 pour 1000.

Acide urique dans le sérum sanguin : 0,034 pour 1000.

Analyse des urines du 28/4/22

Volume		3500
Densité		1010
	pour 1000	
Résidu	21	73,5
Acidité	0,60	2,10
Urée	5,30	18,85
Azote uréique	2,44	8,54
Azote total	3,20	11,20
Ammoniaque	0,21	0,74
Purines	0,25	0,88
P ² O ⁵	1,20	4,20
Na Cl	7,90	27,65

Le 12 mai, à l'examen clinique on constate une diminution considérable de la rétraction des aponévroses palmaires. Le malade ouvre maintenant les mains avec facilité. L'état du genou droit a subi une amélioration nette. L'épanchement est résorbé, la tuméfaction a disparu. Le malade ne souffre plus.

La tension artérielle est alors de 15-7.

Le malade sort de l'hôpital.

Nous avons eu l'occasion de revoir ce malade récemment : il n'a plus présenté de crise rhumatismale, l'amélioration de la rétraction des aponévroses a persisté tout entière.

Cette observation nous paraît intéressante car elle montre d'une façon nette l'action favorisante de l'émanation sur les échanges puriques. Sous l'influence du traitement, l'urée du sang a passé de 0 gr. 46 à 0 gr. 20. L'acide urique du sérum sanguin est tombé de 0 gr. 048 à 0 gr. 034. La tension artérielle de 16,5-11 à 15-7.

L'excrétion urinaire a augmenté dans des proportions considérables. Le volume des urines est passé de 2.400 à 3.500, leur densité a cependant augmenté de 1.010 à 1.015. Le résidu est monté de 38 gr. à 87 gr., chiffre absolument remarquable. L'élimination de l'azote total est passée de 8 gr. 88 à 11 gr. 20.

Il semble bien qu'en présence d'un cas aussi net, on puisse reconnaître à l'émanation du Thorium une action puissante dans l'uricémie.

Dans les rhumatismes d'origine bacillaire, au contraire, on ne peut en attendre aucun succès. Nous avons traité récemment une malade atteinte de rhumatisme déformant s'étendant à presque toutes les

articulations de la main, poignets, genoux, épaules. Les dosages de l'acide urique et de l'urée dans le sang n'avaient montré que des teneurs très faibles, respectivement : 0 gr. 010 et 0 gr. 20. L'évolution de la maladie était nettement en faveur de la bacillose.

Nous avons cependant essayé le traitement par l'émanation, bien que persuadé du résultat négatif.

L'émanation fut bien supportée, elle n'a amené aucune aggravation ni de l'état général, ni des lésions locales, mais la mobilité des articulations ne fut pas modifiée et l'excrétion urinaire ne fut pas augmentée.

Le traitement fut continué pendant trois semaines et chez cette malade nous vîmes apparaître une pigmentation brune de la peau des mains et des avant-bras. Actuellement, cette pigmentation disparaît lentement et ne semble s'être accompagnée d'aucun trouble organique particulier.

L'émanation de Thorium et le Thorium. X

Leur mode d'action.

Les résultats précédents montrent que l'émanation du Thorium produit dans l'organisme une action physiologique indiscutable et cette action semble se rapprocher de celle du Thorium X en injections.

Peut-on assimiler entièrement les inhalations d'émanations aux injections de Thorium X ? Nous ne le pensons pas. Il est certain que les deux méthodes sont voisines, mais elles diffèrent et par leur mode d'administration et aussi par le devenir des éléments radioactifs dans l'organisme.

1° *Modes d'administration.* — Lors de l'injection du Thorium X, on a, en un point, accumulation sous la peau d'une substance radioactive douée d'un rayonnement très puissant. Normalement la diffusion ne tarde pas à se faire, cependant si elle se fait mal pour une raison quelconque, on peut avoir, avec de grosses doses, une nécrose des tissus restés au contact de la solution.

Semblable accident a, du reste, été signalé en Allemagne où la pratique des injections de Thorium X a pris un développement considérable.

On peut reprocher aux inhalations la moindre précision dans les quantités absorbées, mais cet inconvénient existe la plupart du temps avec les injections, car, la destruction du Thorium X à partir de sa séparation à l'usine est relativement rapide. Pour connaître exactement la dose injectée, il faut être certain du jour et de l'heure de la préparation.

2° *Modes d'action.* — Quant aux modes d'action de l'émanation et du Thorium X, nous sommes tentés de les croire identiques. Le Thorium X est l'ancêtre immédiat de l'émanation. Il donne des rayons *alpha* et en se détruisant de l'émanation qui donne naissance elle-même à d'autres rayons *alpha* et à la radioactivité induite qui comprend les Thorium A, B, C et D. Là, nous rencontrons un rayonnement complexe: rayons *alpha* du Thorium A et B, rayons *bêta* du Thorium B, C et D, rayons *gamma* du Thorium D.

Lors de l'injection de Thorium X, il y a d'abord action du Thorium X lui-même avec son rayonnement *alpha* puis action de l'émanation et de ses produits de désintégration. Mais il y a d'autre part une perte d'énergie radioactive. En effet, Bickel, Plesch et Falta ont montré qu'après injection de Thorium X, les urines de l'individu, les fécès, surtout, contenaient une assez grosse proportion de cet élément. L'air expiré par le sujet renferme aussi une certaine quantité d'émanation. Autrement dit, il y a

élimination notable du produit actif, soit sous forme de Thorium X, soit sous forme d'émanation. Cette élimination correspond à une perte, car il est logique d'admettre que l'action des substances radioactives est due à leur émission d'énergie. Cette émission ne peut correspondre qu'à la quantité qui reste dans l'organisme et qui s'y transforme. Il semble même, en dernière analyse, que l'on puisse penser que l'action physiologique soit du Thorium X, soit de l'émanation du Thorium appartienne en réalité aux corps qui constituent la radioactivité induite. Ce n'est qu'une hypothèse, peut-être sera-t-elle vérifiée.

CONCLUSIONS

I. — Les sources de l'Echaillon présentent une radioactivité complexe, due à la présence de corps appartenant soit à la série de l'Uranium, soit à la série du Thorium.

Un litre d'eau contient en solution 0,4 millimicrocurie d'émanation du radium.

Un litre des gaz spontanés qui s'échappent des griffons renferme 11,5 millimicrocuries d'émanation du radium.

Les matériaux solides, sédiments apportés par les eaux, présentent une radioactivité du type Thorium, due à la présence de radiothorium. Ces sédiments sont une source d'émanation du Thorium.

II. — L'émanation du Thorium, contrairement aux résultats de quelques travaux allemands, et malgré sa courte durée d'existence, s'est révélée à nous comme susceptible de produire dans l'organisme une action physiologique importante.

L'étude du sang des animaux soumis à l'émanation nous a montré d'abord une augmentation du nombre des leucocytes, puis une diminution pouvant aller jusqu'à leur disparition du sang circulant.

Les lymphocytes sont les premiers atteints.

Le même processus existe pour les globules rouges, mais se déroule plus lentement.

L'émanation du Thorium à hautes doses est toxique, elle amène la mort des animaux avec des lésions organiques caractéristiques.

De grandes quantités d'émanation diminuent la vitalité des bactéries : streptocoque, Eberth, espèces aquatiles banales.

III. — Les faits expérimentaux nous ont conduit à la recherche de l'action thérapeutique de l'émanation. Au moyen d'un appareil producteur d'émanation, et un masque que nous avons construits, nous avons fait respirer l'émanation à des malades.

Dans les leucémies chroniques, soit lymphoïdes, soit myéloïdes, on observe, avec une amélioration de l'état général, une diminution du nombre des leucocytes et surtout une augmentation du chiffre des hématies et du taux de l'hémoglobine.

Pour obtenir ces résultats, il faut administrer une quantité d'émanation du Thorium correspondant à 2.500 unités électrostatiques.

Avec des doses moindres, on obtient, dans certains cas d'anémie grave, un rapide relèvement de l'état général et une augmentation du nombre des globules rouges.

Dans les cas d'uricémie, on constate une augmentation de l'excrétion de l'acide urique, de l'urée et des purines. En même temps, les phénomènes cliniques s'amendent et on observe une diminution de l'acide urique du sang.

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE
CLUZET.

Vu :
LE DOYEN,
JEAN LÉPINE.

Vu et permis d'imprimer :
Lyon, le 12 Juin 1923.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
J. CAVALIER.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERTIN. — Traitement de la leucémie par le benzol. *La Médecine*, mars 1921.
- AUBERTIN et BEAUJARD. — Sur le mécanisme de la leucopénie produite expérimentalement par les rayons X. *Société de Biologie*, mars 1908.
- Sur le mode d'action de la radiothérapie dans la leucémie myéloïde. *S. Méd. des Hôp. de Paris*, juillet 1913.
- BARJON. — Influence des rayons de Röntgen sur le sang et les organes hématopoïétiques. *Congrès Avancement des Sciences*, Lyon 1906.
- BAUR. — La Thoriumthérapie des leucémies chroniques. *Thèse de Lyon*, 1922.
- BLANC. — On radioactivity of mineral springs. *Philosophical Magazine*, 1910, p. 148.
- Sur la nature des éléments radioactifs contenus dans les sédiments des sources thermales d'Echaillon et de Salins-Moultiers. *Congrès intern. de radiologie*, Liège, 1905.
- Recherches sur un nouvel élément présentant les caractères radioactifs du Thorium. *Acad. dei Lincei*, mars 1906.
- La radioactivité des eaux thermales de la Savoie et les substances qui en sont la cause. Chambéry, 1906.

- BICKEL. — Contribution au traitement de l'anémie pernicieuse. *Berl. Klin. Wochen*, 1912, 1.322.
- Action de l'émanation du Thorium. *Berl. Klin. Wochen*, 1911, 2.108.
- Sur la thérapeutique par le mésothorium. *Berl. Klin. Wochen*, 1912, 777.
- BICKEL et MINAMI. — Action de l'émanation du Thorium. *Berl. Klin. Wochen*, 1911, 1.413.
- BOUCHARD, CURIE et BALTAZARD. — Action physiologique de l'émanation du radium. *C. R.*, 1904.
- CARNOT et GUILLAUME. — Le mésothorium en thérapeutique. *Paris Médical*, 1^{er} novembre 1919.
- CHAMBERS, HELEN et RUSS. — The bactericidal action of radiumemanation. *Procced. Royal. Societ. of Med.*, 1912.
- CHWOLSON. — *Traité de Physique*, t. IV, 1910.
- CURIE (Madame). — *Traité de Radioactivité*, 2 vol., 1910.
- CURIE et LABORDE. — Sur la radioactivité des gaz qui se dégagent des eaux des sources thermales. *C. R.*, 1904 et 1906.
- CLUZET et CHEVALLIER. — Action de l'émanation du Thorium sur les éléments figurés du sang. *S. de Biologie*, février 1922.
- Sur la toxicité de l'émanation du Thorium en inhalation prolongée. *S. de Biologie*, mars 1922.
- Sur la radioactivité de la station de l'Echaillon, en Maurienne. *C. R.*, 4 décembre 1922.
- Sur l'emploi de l'émanation du Thorium en inhalation. *C. R.*, 8 janvier 1923.
- Les inhalations de l'émanation du Thorium. *Paris Médical*, 3 février 1923.
- CLUZET et NOGIER. — Etude physique des eaux d'Evaux-les-Bains. *C. R.*, juin 1914.
- CLUZET, ROCHAIX et CHEVALLIER. — Recherches sur l'action bactéricide de l'émanation du Thorium. *S. de Biologie*, 19 février 1923.

- CRÉMIEU. — Radiothérapie des maladies du sang et des organes hématopoïétiques. *Actualités Médicales*, 1913.
- DUANE et LABORDE. — Sur les mesures quantitatives de l'émanation du radium. *Le Radium*, 1910.
- ELSTER et GEITEL. — Nouvelles recherches sur la radioactivité des sédiments. *Physik Zeitschr*, 1905.
- EMSMANN. — Recherches expérimentales sur la résorption du Thorium X et de l'émanation. *Berl. Klin. Wochen*, 1911, n° 47.
- ENGLER, SIEVEKING. — Zur Kenntnis der Radioaktivität der Mineralquellen und deren Sedimente. *Zeitschr. für anorg. Chemie.*, 1907-1.
- FALTA. — Die Behandlung innerer Krankheiten mit radioactiven substanzen, 1918, Berlin, J. Springer.
- FALTA, KRISER, ZEHNER. — Therapeutische Versuche mit Thorium X. *Kongress. für in Medizin*, Wiesbaden, 1912.
- FALTA, ZEHNER. — Über chemische Einwirkungen des Thorium X auf organische substanzen. *Berl. Klin. Woch.*, 1912, p. 2.444.
- GUDZENT. — Sur le dosage et le mode d'action des substances radioactives en médecine interne. *Berl. Klin. Woch.*, 1913, p. 1.597.
- GUILLAUME. — Essais thérapeutiques du bromure de mésothorium. *Thèse*, Paris, 1919.
- HIS. — Die behandlung von Gicht und Rheumatismus mit Radiumemanation. *Berl. Klin. Woch*, 1911, n° 5.
- JANSEN. — Sur l'action bactéricide de l'émanation du Radium. *Zeitschr. für Hygiene*, 1910, 135.
- KEETMANN, MAYER. — Messung und dosierung von Thorium X präparaten. (*Berl. Klin. Wochen*, 1912, 1275.)
- KOJO-KENJI. — Sur l'action biologique du mésothorium. (*Berl. Klin. Woch*, 1912, 779.)
- LABORDE et LEPAPE. — Etude de la radioactivité des sources de Vichy et de quelques autres stations. (C. R., 1912.)

- LE CARBONT. — Du traitement des anémies graves par les dérivés du Thorium et en particulier par l'émanation. (*Thèse de Lyon*, 1922.)
- LEDoux-LEBARD. — Sur les substances radioactives de la série du Thorium en thérapeutique. (*Congrès int. de médecine*, Londres 1913.)
- LÉRI et THOMAS. — Le Thorium X dans le traitement des rhumatismes chroniques. (*S. Méd. des Hôpitaux de Paris*, 23 décembre 1921.)
- LOISEL. — Recherches sur la radioactivité des eaux de Bagnoles de l'Orne. (Paris, 1922. *Expansion scientifique française*.)
- LOISEL et CASTENAU. — Sur l'action des émanations à vie courte, émanation du Thorium et de l'actinium au cours des cures thermales. (*Acad. de Médecine*, 7 mars 1922.)
- LOHE. — Toxikologische beobachtungen uber Thorium X bei Mensch und Tier. (*Wirschows Archiv*, 1912.)
- MAKOWER et GEIGER. — Mesures pratiques en radioactivité. (Traduction Philippi, 1919.)
- MACHE et MEYER. — Sur la radioactivité des sources autrichiennes. (*Congrès de radiologie de Liège*, 1905.)
- MINAMI. — Sur l'effet biologique du mésothorium. (*Berl. Klin. Wochen*, 1911, 1798.)
- MOUREU. — Recherches sur les gaz rares des sources thermales. (*Jour. de Chimie Phys.*, t. XI.)
- MOUREU et LÉPAPE. — Sur quelques mélanges gazeux naturels particulièrement riches en hélium. (*C. R.* 1912.)
- PIÉRY et MILHAUD. — Le Thorium (Mésothorium, Thorium X et émanation) en thérapeutique et en hydrologie. (*Journal de Médecine de Lyon*, 1923.)
- PETIT. — Le mésothorium, ses dérivés et la thérapeutique radioactive. (*Presse Médicale*, 12 mars 1921.)
- PETIT, MARCHAND et JALOUSTRE. — Les effets généraux des injections hypodermiques de Thorium X. (*C. R.* décembre 1921.)

- PLESCH. — Über Chemische Einwirkung von Thorium X.
(*Berl. Klin. Wochen*, 1912, 739.)
- Cas d'anémie pernicieuse et de leucémie traitée par
le Thorium X. (*Berl. Klin. Wochen*, 1912, 931.)
- PLESCH, KARCZAG. — Über Thorium X Wirkung: (*Münch Méd.
Woch.*, 1912.)
- REGAUD. — Fondements rationnels, indications techniques et
résultats généraux de la radiothérapie des cancers.
(*Congrès intern. de Chirurgie*, Paris 1920.)
- RENON. — Sur l'action thérapeutique de l'injection et de l'in-
gestion des sels de Radium et de Mésothorium. (*L'Hô-
pital*, février 1920.)
- ROQUE. — Nature et traitement des leucémies chroniques.
(*Journal de Médecine de Lyon*, 20 avril 1922.)
- SARVONAT et REBATTU. — Action de l'émanation du radium
sur le métabolisme de l'acide urique. (*Journal médical
français*, 1913.)
- SHARP. — Deux cas de maladies pulmonaires traités par les
émanations du nitrate de thorium. (*British Médical
Journ.* 1904, 654.)
- SODDY. — Méthode d'application des rayons du Radium et du
Thorium au traitement de la tuberculose. (*British
Médic. Journ.*, 1903, 197.)
- The chemistry of the radio elements. (1915.)
- SOMMER. — Sur l'émanation du Radium en thérapeutique.
(*Congrès de Lyon*, 1914.)
- TRUCHET. — Echaillon. Voie romaine et eaux thermales.
(*Société d'hist. et d'archéol. de Maurienne*, 1902.)
- VAQUEZ et AUBERTIN. — Traitement des anémies. (*Actualités
Médicales*, 1914.)
-

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	11
Historique	15
Les sources de l'Echaillon.....	17
Méthode de mesures.....	21
Radioactivité des eaux de l'Echaillon	29
» des gaz.....	31
» des sédiments.....	35
La production de l'émanation du Thorium	43
Action physiologique de l'émanation	49
Les éléments figurés du sang chez les animaux soumis à l'émanation.....	53
Action toxique de l'émanation du Thorium.....	57
Influence de grandes quantités d'émanation sur les bactéries.....	63
Les applications d'émanation du Thorium dans quelques maladies du sang.....	67
L'émanation du Thorium dans l'uricémie	75
L'émanation du Thorium et le Thorium X. — Leur mode d'action	81
Conclusions.....	85
Bibliographie.....	89
